This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

L Soc 451.6.5

Harvard College Library

FROM THE FUND OF

CHARLES MINOT

(Class of 1828)

Received 29 Mar. 1902

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

HARVARD COLLEGE LIBRARY

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899

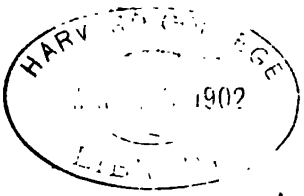
BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

Rue de Louvain, 112

1899

L Soe 451.6.5




Minot fund.
(3d ser. t. 37-38.)

ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 1.

*Séance du 7 janvier 1899.*

M. Éd. Dupont, directeur pour 1898, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. W. Spring, *directeur*, président de l'Académie pour 1899; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B.-V. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* P. Francotte, F. Deruyts et Ch.-J. de la Vallée Poussin, *correspondants.*

M. Dupont adresse les félicitations de la Classe aux nouveaux élus : MM. A. Renard, L. Errera, Fr. Deruyts et Ch.-J. de la Vallée Poussin.

— M. Dupont annonce la mort de M. Gottlieb Gluge, membre de la Section des sciences naturelles depuis le 15 décembre 1849, décédé à Nice, en la villa Jaffé, promenade des Anglais, le 22 décembre dernier. Selon le désir exprimé par M. Gluge, il n'a pas été envoyé de lettre de faire part de son décès. D'autre part, vu l'éloignement et la mort presque inopinée de M. Gluge, il n'a pu être prononcé de discours aux funérailles, lesquelles ont eu lieu à Nice même.

M. Dupont rappelle ensuite la carrière scientifique du savant académicien.

— Sur la proposition de M. le Secrétaire perpétuel, des remerciements sont votés à M. Dupont pour son éloge funèbre destiné au *Bulletin*.

La Classe décide en même temps qu'une lettre de condoléance sera adressée à M^me^ veuve Gottlieb Gluge.

M. le D^r^ Vanlair sera prié d'écrire pour l'*Annuaire* la notice nécrologique du défunt.

*Paroles prononcées par M. Dupont, directeur de la Classe pour 1898, en annonçant la mort de Gottlieb Gluge.*

Un nouveau vide vient de se produire parmi nous. Notre vénérable confrère, M. Gottlieb Gluge, est décédé à Nice le 22 décembre dernier.

Tous nous avons pu apprécier la bienveillance de son esprit et son amour pour la science. Pendant les longues années où il fut atteint d'une cruelle cécité, il ne man-

quait, pas plus qu'auparavant, de se trouver à nos réunions et de nous montrer cette aménité qui exprime si bien le caractère de ceux dont l'existence a été vouée à l'étude de la nature.

Gluge était né le 18 juin 1812 à Brakel en Westphalie. Élève de Müller à Berlin en 1835, il reçut, deux ans après à Paris, les enseignements de Magendie. C'est pourvu de cette culture magistrale qu'il fut appelé, en 1839, à l'Université de Bruxelles, où, pendant un tiers de siècle, il occupa simultanément la chaire de physiologie et celle d'anatomie pathologique. Il fut des nôtres pendant cinquante-cinq ans et il allait accomplir, cette année même, son jubilé cinquantenaire de membre en titre.

Malgré le fardeau écrasant de son double enseignement, il sut se livrer à de nombreuses et longues recherches, et les publier. Aussi eut-il son temps de grande renommée, qui, pour s'être quelque peu effacé peut-être de notre souvenir dans les vertigineux progrès contemporains, ne s'en continuera pas moins dans l'histoire d'une vaste branche de la science. Nos savants confrères, MM. Vanlair et Léon Fredericq, et M. Paul Heger, successeur de Gluge dans sa chaire de physiologie, ont mis la meilleure grâce à m'aider à retracer devant vous, Messieurs, quelques traits de la carrière du savant et à rappeler la place qu'il s'est acquise.

Gluge a été l'un des initiateurs des méthodes expérimentales de l'École allemande en physiologie et l'un des premiers à appliquer le microscope aux travaux d'anatomie pathologique, c'est-à-dire à l'étude des altérations morbides de nos organes.

« Le principal titre scientifique de Gluge, mais non le seul, m'écrit notre confrère, M. Vanlair, est la publication à Iéna d'un *Atlas d'anatomie pathologique* en deux

volumes datés respectivement de 1843 et de 1850, et contenant un très grand nombre de planches coloriées et de dessins histologiques. Bien que l'*Atlas* de Gluge ait vu le jour en Allemagne, c'est dans notre pays et particulièrement dans les services hospitaliers de la capitale, — dirigés alors par Lebeau, Seutin, Graux, Langlet, André Uytterhoeven, Lequime, — qu'ont été puisés les matériaux de cette publication.

» En date, elle se place entre l'Atlas de Cruveilhier et celui de Lebert. Comme importance et comme valeur scientifique, elle les égale presque l'un et l'autre. L'œuvre de Gluge se distingue en outre de celle de ses devanciers par la part très large qui y est faite à l'histologie pathologique. Une grande partie du premier volume est en effet consacrée à la description et à la figuration microscopiques des principales altérations des organes. Il est parfaitement vrai, comme l'auteur l'a dit lui-même, qu'il a été l'un des premiers à introduire l'usage du microscope dans l'étude de l'anatomie pathologique.

» D'autre part, le travail de Gluge se distingue encore de tous ceux qui l'ont immédiatement précédé et de la plupart de ceux qui l'ont suivi, par cette particularité qu'il constitue un recueil de cas originaux et intéressants, notés et dessinés comme au hasard des autopsies. Tandis que les atlas de Cruveilhier et de Lebert sont plutôt, malgré leur étendue, de simples annexes d'un traité didactique, on constate que Gluge s'est attaché à ne produire que des exemples rares ou typiques, chaque article formant une sorte de mémoire avec planches, plutôt que le chapitre illustré d'un ouvrage dogmatique.

» Entre son travail et ceux de ses devanciers, il existe une différence analogue à celle qui sépare des leçons cliniques d'un manuel de pathologie.

» Parmi ces monographies, il en est plusieurs qui sont rédigées de main de maître, notamment la cirrhose du foie, le cancer, la tuberculose, — que Gluge assimilait déjà à la scrofulose, le ramollissement blanc, — dont il affirmait déjà l'origine mécanique, la pneumonie et le mal de Bright.

» C'est en étudiant ces dernières affections qu'il fit la découverte des corpuscules qui longtemps ont porté son nom et qu'il avait désignés sous l'appellation de *corpuscules inflammatoires*. Ces éléments sont ceux que l'on dénomme aujourd'hui *cellules granuleuses* ou *granulo-graisseuses*. »

Se livrant à ces recherches alors que la théorie cellulaire de Schwann venait à peine de faire sa trouée, il n'avait naturellement pu donner à ses vues une portée définitive. Mais l'histoire des corpuscules de Gluge n'en est pas moins des plus intéressantes au point de vue de l'évolution des connaissances scientifiques.

La théorie de Gluge fut plus tard combattue par Virchow, qui donna au phénomène une signification en quelque sorte opposée. Or, par suite des travaux récents sur le phénomène de la phagocytose, il se fait, continue M. Vanlair, « que les corpuscules inflammatoires de 1840, après avoir été bien et dûment disqualifiés, semblent vouloir reprendre dans un certain sens et dans une certaine mesure leur signification d'autrefois ! »

Ces souvenirs, dont je ne suis guère ici que le transcripteur, nous font apprécier la reconnaissance que nous devons avoir pour la mémoire du confrère qui nous est enlevé. Il a noblement honoré l'Académie. — Toute la Classe se lève en signe d'acquiescement à ces paroles.

## CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie une ampliation des arrêtés royaux en date :

1° Du 13 décembre 1898, nommant M. Walthère Spring (directeur de la Classe des sciences pour 1899), président de l'Académie pour ladite année;

2° Du 29 du même mois, approuvant l'élection, en qualité de membres titulaires, de MM. A.-F. Renard et Léo Errera.

MM. A.-F. Renard, Léo Errera, ainsi que MM. Fr. Deruyts et Ch.-J. de la Vallée Poussin, élus correspondants, et A. Karpinsky, de Saint-Pétersbourg, élu associé, adressent des lettres de remerciements.

Des remerciements sont aussi adressés par MM. G. Clautriau et L. Cuénot, lauréats du dernier concours annuel.

— M. le Secrétaire perpétuel présente le premier exemplaire des Tables générales des tomes I à XXX de la 3e série des *Bulletins* (années 1881 à 1895 inclusivement).

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de la publication : *Flora Batava,* afleveringen 321 en 322.

— M. le Ministre de l'Agriculture et des Travaux publics fait parvenir cinq exemplaires des *Rapports des Commis-*

*sions médicales provinciales sur leurs travaux pendant l'année 1897.*

— Remerciements.

Le Comité d'organisation du Congrès international des mathématiciens qui se tiendra à Paris, du 6 au 12 août 1900, exprime le désir de recevoir au plus tôt les adhésions des membres de la Classe.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Sur les nitriles-alcools aliphatiques et leurs dérivés;* par L. Henry;

2° *Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, 65e année, 1898, *supplément;* 66e année, 1899, *avec* « *Addendum* » (présentés par M. A. Lancaster);

3° *Recherches sur la maturation, la fécondation et la segmentation chez les Polyclades;* par Pol. Francotte;

4° *Recherches expérimentales sur les maladies des plantes;* par Ém. Laurent;

5° *La courbure et la torsion dans la collinéation et la réciprocité;* par Cl. Servais;

6° *Recherches anatomiques et physiologiques sur le* Tradescantia virginica L.; par A. Gravis;

7° *Annales du Musée du Congo*, 1re série : *Illustration de la flore du Congo;* par Ém. De Wildeman et Th. Durand, tome Ier, 2e fascicule. — 2e série : *Matériaux pour la faune du Congo. Poissons nouveaux;* par G.-A. Boulenger, tome Ier, 2e fascicule;

*Annuaire pour l'an 1899*, publié par la Société belge d'astronomie (présenté par M. F. Terby).

— Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1° *Recherches physiologiques sur l'excrétion chez quelques Annélides;* par MM. Victor Willem et Achille Minne, de l'Université de Gand. — Commissaires : MM. Plateau, Éd. Van Beneden et L. Fredericq;

2° a) *Sur les benzopyrines métalliques;* b) *Sur la constitution des salipyrines métalliques;* c) *Sur le chlorure double de cuivricum et d'antipyrine;* par M.-C. Schuyten. — Commissaires : MM. Jorissen et Spring.

— Sur sa demande, M. A. Jouveneau est remis en possession de son manuscrit : *Sur la cause de l'accélération séculaire du mouvement de la Lune.*

---

## RAPPORT.

—

*Sur la luminescence des gaz;* par A. de Hemptinne.

*Rapport de M. De Heen, premier commissaire.*

« Le travail de M. de Hemptinne renferme une série de recherches très intéressantes sur la luminescence des gaz. L'auteur y examine successivement l'influence du diélectrique dans lequel le tube est plongé; l'influence de la distance des tubes; la relation entre le degré de dissociation électrolytique des substances dissoutes et la quantité nécessaire pour éteindre les tubes; la relation entre la pression des gaz dans les tubes et la quantité de sel à ajouter pour les rendre obscurs; l'influence de la

nature des gaz, et enfin l'influence de la chaleur sur la luminescence.

L'auteur termine son travail par un examen des considérations théoriques qui ont été émises pour expliquer la luminescence. Il examine notamment les vues de M. E. Wiedemann.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion du travail de M. de Hemptinne dans les *Bulletins* de l'Académie. »

M. Van der Mensbrugghe, second commissaire, se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

---

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

### *Sur la préparation du glycol éthylénique;* par Louis Henry, membre de l'Académie.

Dans un mémoire publié il y a quelque temps (*), nous nous sommes proposé, mon fils M. Paul Henry et moi, de perfectionner la préparation du *glycol éthylénique* $C_2H_4 - (OH)_2$.

Une des causes des rendements peu avantageux de la plupart des méthodes en usage pour obtenir ce composé important, est la difficulté de l'extraire de l'eau au sein de laquelle il prend naissance. On doit recourir à des

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXXII, p. 402 (année 1896).

évaporations longtemps prolongées, pendant lesquelles une partie du produit disparaît avec la vapeur d'eau. C'est dans ce but que nous avons remplacé comme agent de saponification des *acétines éthyléniques* les solutions basiques aqueuses par une base elle-même facilement volatile, l'alcool méthylique légèrement aqueux.

Il est inutile que je revienne sur le mécanisme et les avantages divers de ce genre de saponification.

Je crois être arrivé aujourd'hui à une méthode plus avantageuse encore, surtout parce qu'elle est plus expéditive, tout en fournissant un rendement presque intégral.

Cette méthode est simple; elle consiste en deux points :

*a*) Saponifier l'*acétine glycolique* par les bases comme telles, à l'état solide;

*b*) Extraire le glycol fourni par la distillation dans le vide ou sous pression très raréfiée.

Avant d'aller plus loin, je crois utile de rappeler que j'ai déjà fait usage autrefois de la potasse caustique, solide, pulvérulente, pour obtenir un alcool à l'état libre, à l'aide de son acétate. C'est ainsi qu'en 1872 (*), j'ai préparé l'*alcool allylique monobromé* $C_3H_4Br - OH$ en saponifiant son acétate $C_3H_4Br - C_2H_3O_2$ par la potasse caustique solide.

A cette époque, la distillation dans le vide ou sous pression raréfiée n'était pas encore entrée, comme aujourd'hui, dans la pratique courante des laboratoires

---

(*) *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft zu Berlin*, Bd V, p. 453.

de chimie. L'alcool allylique monobromé formé dans ces conditions a été extrait par la distillation de la masse au bain d'huile sous la pression ordinaire. Cet alcool bout d'ailleurs à une température relativement basse, à 155°, et l'acétate potassique ne fond que vers 290°. Il n'était donc pas à craindre que la chaleur nécessaire pour expulser l'alcool ne déterminât la décomposition de ce sel.

Depuis lors, j'ai mis en pratique le même procédé pour obtenir le *nitrile γ oxybutyrique* $CN - CH_2 - CH_2 - CH_2(OH)$ (*). Ce nitrile-alcool devant bouillir vers 240° (**), j'ai pensé qu'il serait avantageux pour l'extraire de distiller la masse pâteuse résultant de la saponification de son acétate par la potasse caustique solide, sous une pression fortement réduite. L'expérience a constaté l'excellence du procédé.

Ayant à choisir entre les deux hydroxyles alcalins, j'ai donné la préférence à la potasse caustique, parce que sa chaleur de neutralisation, notamment par l'acide acétique, est notablement plus élevée que celle de la soude caustique.

Tous corps solides.

$$C_2H_4O_2 + \begin{matrix} KOH \\ NaOH \end{matrix} = \begin{matrix} C_2H_3KO_2 \\ C_2H_3NaO_2 \end{matrix} + H_2O \qquad \begin{matrix} 21.7 \text{ calories } (***) \\ 17.2 \quad \text{id.} \end{matrix}$$

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, t. XXXV, p. 176 (année 1898), et mémoire *Sur les nitriles-alcools aliphatiques*, etc., dans les MÉMOIRES IN-8°, t. LVII, p. 71.

(**) Ce nitrile-alcool est l'homologue immédiatement supérieur du *nitrile lactique primaire* $CN - CH_2 - CH_2(OH)$, qui bout à 222° sous la pression ordinaire.

(***) BERTHELOT, *Thermochimie*, t. II, p. 777.

Je ne doute nullement toutefois que la soude ne soit capable aussi de déterminer une saponification complète, mais je ne l'ai pas employée.

L'application de cette méthode à la préparation des alcools polyatomiques, et spécialement des glycols, se présentait d'elle-même à l'esprit.

Voici le résultat de deux essais opérés dans ce but.

A 73 grammes de diacétine éthylénique, soit une demi-molécule, on a ajouté lentement et par petites portions 28 grammes de potasse caustique sèche et bien pulvérisée. La réaction est vive et le dégagement de chaleur intense.

Il en résulte une masse visqueuse. On l'a chauffée au bain d'huile sous pression réduite. La rectification du produit brut de cette distillation a fourni 28 grammes de glycol éthylénique. On aurait dû en recueillir 31. Le rendement de l'opération a donc été de 90 °/₀.

Dans une autre opération, exécutée dans les mêmes conditions, 146 grammes de *diacétine éthylénique* ont fourni 55 grammes de glycol éthylénique, ce qui équivaut à un rendement de 88 °/₀.

Une autre fois, on a soumis de la même manière 110 grammes de *diacétine triméthylénique* ($C_2H_3O_2$) $CH_2$ - $CH_2$ - $CH_2(C_2H_3O_2)$ à l'action de 70 grammes de potasse caustique. Après distillation de la masse au bain d'huile, sous pression raréfiée, on a recueilli 43 grammes de glycol triméthylénique $C_3H_6$ - $(OH)_2$. Il en aurait fallu théoriquement 52 grammes. Cela équivaut à un rendement de 83 °/₀ (*).

---

(*) Ces 110 grammes d'*acétine triméthylénique* provenaient de l'action de 150 grammes de bibromure de *triméthylène* sur 200 grammes d'acétate potassique, en dissolution dans l'alcool à 90 °/₀. On a

Cette méthode présente cependant certain inconvénient : la masse, mélange du glycol et de l'acétate potassique, se fond sous l'action de la chaleur et se transforme en un liquide plus ou moins épais qui mousse, alors que les vapeurs du glycol en sont chassées. La distillation en devient difficile par suite de cette circonstance.

J'ai pensé que l'on remédierait à cet obstacle en substituant aux alcalis les terres alcalines qui déterminent des acétates moins fusibles que les alcalins. Leur chaleur de neutralisation acétique, tout en étant moindre que celle des alcalis proprement dits, est toutefois assez élevée pour déterminer une saponification complète.

Tous corps solides (*).

$$2C_2H_4O_2 + \begin{matrix} Ca(OH)_2 \\ Sr(OH)_2 \\ Ba(OH)_2 \end{matrix} = 2H(OH) + \begin{matrix} (C_2H_3O_2)_2Ca \\ (C_2H_3O_2)_2Sr \\ (C_2H_3O_2)_2Ba \end{matrix} \quad \begin{matrix} 21.2 \text{ calories.} \\ 29.5 \quad \text{id.} \\ 30.3 \quad \text{id.} \end{matrix}$$

J'ai d'abord fait usage de la baryte caustique, la base la plus énergique. Dans une molécule de *diacétine éthylénique*, soit 146 grammes, on a introduit par petites portions

---

chauffé pendant cinq à six heures au bain d'eau, dans un appareil à reflux. Du liquide refroidi, séparé à la trompe du KBr formé, on a retiré, après expulsion de l'alcool, à l'aide de quelques distillations fractionnées, ces 110 grammes d'acétine. Il en aurait fallu théoriquement 120; cela représente un rendement de 91.6 °/₀.

A ces 150 grammes de bibromure de triméthylène correspondent 56 grammes de glycol. On en a recueilli 43 grammes, ce qui représente, après cette double opération, un rendement final de 77 °/₀.

(*) Berthelot, *loc. cit.*

successives 171 grammes, soit une molécule d'hydroxyde barytique pulvérisé.

La réaction est vive; il se dégage beaucoup de chaleur et l'on obtient en fin de compte une masse épaisse et dure. L'addition d'une certaine quantité d'alcool a été jugée nécessaire pour rendre la masse moins cohérente, après l'avoir mélangée intimement, et en faciliter la distillation. Celle-ci a été opérée, comme d'habitude, au bain d'huile et sous pression très raréfiée. Elle s'est passée régulièrement, la mousse ne se produisant plus. On a recueilli une quantité de glycol éthylénique correspondant, à peu de chose près, à une molécule, c'est-à-dire la quantité théorique.

L'emploi de la baryte caustique n'offre qu'un seul inconvénient, celui de nécessiter, à cause du poids atomique élevé du baryum, une quantité trop considérable de matière solide pour déterminer la saponification. Je l'ai remplacée par la chaux hydratée, qui en possède tous les avantages et dont la masse réactionnelle est beaucoup moindre.

| Métaux. | | Hydroxydes $R(OH)_2$. |
|---|---|---|
| Ca | 40 | 74 |
| Sr | 87 | 121 |
| Ba | 137 | 171 |

Sa chaleur de neutralisation acétique n'est, à la vérité, que les *deux tiers* de celle de la baryte; elle suffit toutefois, comme l'expérience l'a prouvé, pour assurer une décomposition complète de l'*acétine glycolique*.

A 146 grammes de *diacétine* $C_2H_4$ $(C_2H_3O_2)$, une molécule, on a ajouté, par petites portions successives, 74 grammes, une molécule, d'hydroxyde calcique pulvé-

rulent $Ca(OH)_2$ (*). La réaction s'opère vivement et s'accompagne d'un échauffement notable. Le tout constitue une masse semi-solide. On l'a d'abord distillée au bain d'huile, sous la pression de 30 à 40 millimètres. Cette distillation s'est faite paisiblement, sans être contrariée par aucune mousse de la masse. Une seconde rectification du liquide a fourni 58 grammes de glycol éthylénique. Il en aurait fallu théoriquement 62 grammes. Le rendement a donc été de 93 %.

Je crois indispensable d'ajouter que toute l'opération, la saponification de l'acétine (**) et la distillation du glycol formé, doivent se faire dans le même appareil. J'ai employé une sorte de cornue en porcelaine, formée de deux pièces s'adaptant hermétiquement l'une à l'autre, de manière à permettre une distillation sous pression raréfiée. Dans la partie inférieure, dégagée de la partie supérieure qui lui sert de couvercle pendant la distillation, s'opère, dans les conditions indiquées, la saponification de l'acétine.

A l'heure présente, le glycol éthylénique constitue un produit très coûteux; quoiqu'il ait depuis deux ans diminué de prix, il est encore renseigné dans le catalogue de la maison Kahlbaum (octobre 1898) à 31 francs les

---

(*) En réalité, 56 grammes de chaux anhydre, transformée ultérieurement en hydroxyde.

(**) La transformation du *bibromure d'éthylène* en acétine peut se faire de deux façons, à l'aide de l'acétate potassique :

1° En l'absence de tout dissolvant. Voir sous ce rapport le mémoire *Sur la préparation du glycol éthylénique,* cité plus haut;

2° Au sein de l'alcool éthylique. Je crois inutile de revenir sur les détails de cette opération classique.

Dans l'un et dans l'autre cas, les rendements, sans être théoriques, sont de ceux que l'on peut regarder comme très avantageux.

100 grammes. La méthode que je viens de faire connaître est appelée, ce me semble, à déterminer une diminution notable dans la valeur commerciale de ce composé si important. Cette méthode ne pourrait pas être plus simple; le point important dans sa mise en pratique est la distillation dans le vide ou sous pression très raréfiée de la masse semi-solide renfermant le glycol et l'acétate, après la saponification calcique. Dans des établissements aussi bien outillés, sous tous les rapports, que ces grandes fabriques allemandes où se préparent les produits chimiques scientifiques, cette méthode doit donner des résultats plus satisfaisants encore que ceux que j'ai pu obtenir et que je viens de rapporter.

Puisque j'en suis à parler de la valeur marchande des composés éthyléniques, j'ajouterai que je ne puis assez m'étonner de l'élévation extrême du prix actuel de la *monochlorhydrine éthylénique;* dans le dernier catalogue de Kahlbaum, les 100 grammes sont cotés à 75 francs. Or la monochlorhydrine éthylénique se fait aisément à l'aide du glycol; je ne connais pas de meilleure méthode, à tous les points de vue, que celle de Carcius : réaction du chlorure de soufre $S_2Cl_2$ sur le glycol (*).

$$2C_2H_4<^{OH}_{OH} + 2S_2Cl_2 = 2C_2H_4<^{Cl}_{OH} + 2HCl + SO_2 + S_3.$$

Cette réaction est aisée, expéditive, le rendement en est presque intégral et le produit qu'elle fournit facile à purifier. En outre, le chlorure de soufre est à vil prix. Je ne vois aucune proportion raisonnable entre le prix actuel du glycol et de son dérivé monochlorhydrique; celui-ci doit être évidemment plus coûteux que le glycol dont il

(*) *Liebig's Annalen der Chemie,* t. CXXIV, p. 257 (année 1862).

est dérivé, mais évidemment pas dans le rapport actuel de 3 à 7. J'ai la confiance que cette situation se modifiera dans un prochain avenir, pour rentrer dans la vérité des choses.

J'avais pensé que la méthode de préparation de certains alcools que je viens de faire connaître pourrait être utilisée pour obtenir des *chlorhydrines* $C_nH_{2n} < \begin{matrix} Cl \\ OH \end{matrix}$, et notamment la *monochlorhydrine triméthylénique* $C_3H_6 - (OH) - Cl$, à l'aide de l'*acétate correspondant* $C_3H_6 - (C_2H_3O_2)Cl$. On sait que celui-ci s'obtient aisément par l'action du *chloro-bromure de triméthylène* sur l'acétate potassique. L'expérience a constaté qu'il n'en est pas ainsi.

Je tiens à remercier, en terminant, mon assistant M. Auguste De Wael de son intelligente collaboration aux divers essais relatés dans cette notice.

—

## *Sur le nitrile éthyléno-acétique*

$$\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} \Big\rangle CH - CN ;$$

par Louis Henry, membre de l'Académie.

J'ai fait connaître il y a quelque temps (*) un nitrile de la formule $C_3H_5 - CN$ que j'ai regardé comme un *composé non saturé*. Je l'ai décrit sous les noms de nitrile

(*) Voir ma notice *Sur divers composés non saturés*, BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXVI, p. 34 (année 1898), et mon mémoire *Sur les nitriles-alcools aliphatiques*, etc., t. LVII, p. 172 des MÉMOIRES IN-8°.

*vinyl-acétique* et *allyl-formique*, en lui attribuant la formule de constitution $H_2C = CH - CH_2 - CN$ qui en fait l'homologue immédiat du nitrile *allyl-acétique* $CN - CH_2 - CH_2 - CH = CH_2$.

Or je me suis trompé quant à la nature de ce composé et je tiens à rectifier moi-même l'erreur que j'ai commise.

Si l'on tient compte de l'origine de ce produit, on admettra certainement qu'il était naturel de se méprendre sur la constitution de ce dérivé et même qu'il eût été difficile de ne pas le faire.

Ce nitrile provient en effet de la distillation répétée du *nitrile butyrique normal* $\gamma$ *chloré* $CN - CH_2 - CH_2 - CH_2Cl$ sur de la potasse caustique pulvérulente. Celle-ci en élimine les éléments d'une molécule d'acide chlorhydrique. L'analogie constante dans cette sorte de réaction m'autorisait à penser que cette élimination se faisait aux dépens du système terminal $- CH_2 - CH_2Cl$, pour constituer le système non saturé *vinylique* $- CH = CH_2$. Or il n'en est rien. Le groupement $- CH_2 -$, voisin du composant terminal $- CH_2Cl$, est respecté et la réaction se passe entre celui-ci et le groupement $- CH_2$ attaché au fragment CN, pour déterminer une chaîne triangulaire close $\begin{matrix} C \\ | \\ C \end{matrix}\!\!>\!C$.

Le composé nitrilique, bouillant à 135°, produit de cette distillation, est en effet, en réalité, le *nitrile éthyléno-acétique*

$$\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix}\!\!>\!CH - CN$$

$$(ClCH_2 - CH_2 - CH_2 - CN) - HCl = \begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix}\!\!>\!CH - CN.$$

Dans l'idée où j'étais que ce composé n'était pas saturé,

j'ai dû recourir, pour le transformer en son acide, à l'action des alcalis caustiques.

Chauffé dans un appareil à reflux, au bain d'eau, avec une solution aqueuse de potasse caustique, ce composé, qui d'abord surnage, disparaît lentement en dégageant de l'ammoniaque. Le sel potassique résultant de cette action a été décomposé par l'acide chlorhydrique aqueux et l'acide mis en liberté extrait par l'éther.

Les propriétés de cet acide s'accordent parfaitement avec celles qu'assigne à l'acide *carbo-triméthylénique* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - CO(OH)H$, M. W.-H. Perkin jun. (*), lequel n'est autre que l'acide obtenu, à la même époque, par M. F. Röder, dans le laboratoire de M. R. Fittig (**).

Cet acide bout à 181°-182° sous la pression ordinaire. C'est un liquide quelque peu épais, à odeur butyrique, se congelant aisément dans un mélange réfrigérant de sulfate bisodique et d'acide chlorhydrique, en cristaux de grandes dimensions, fusibles vers 16° à 17° (***).

Sa densité à l'état liquide est, à 25°, égale à 1.551.

Prise dans la vapeur de l'alcool amylique, sa densité de vapeur a été trouvée égale à 3.15.

| | |
|---|---|
| Substance . . . . . | 0gr,0305 |
| Pression barométrique . . . | 742mm |
| Mercure soulevé . . . . . | 620mm |
| Tension de la vapeur . . . | 122mm |
| Volume de la vapeur . . . | 68cc,9 |
| Température . . . . . | 130° |

(*) *Journal of the Chemical Society*, t. XLVII, p. 815 (année 1885).

(**) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CCXXVII, pp. 25 et suiv. (année 1885).

(***) *Idem*.

La densité calculée est 2.97.

Comme l'acide de M. Perkin et de MM. Fittig et Röder, ce composé ne manifeste pas de pouvoir additionnel au brome.

Pas plus que l'acide qui lui correspond, le nitrile $C_3H_5$ - CN, éb. 135°, dérivé du nitrile butyrique normal $\gamma$ chloré CN - $CH_2$ - $CH_2$ - $CH_2Cl$, ne possède, dans les conditions ordinaires, de pouvoir additionnel au brome. Cette inertie est d'autant plus remarquable que les nitriles non saturés en général $C_nH_{2n-1}$ - CN, et notamment ceux que j'ai fait connaître dans les derniers temps, réagissent plus vivement, souvent même d'une manière explosive, avec cet élément.

Ce nitrile, de même que son acide, possède une grande aptitude à la solidification. Refroidi dans un mélange de neige carbonique et d'éther, il se congèle en belles lamelles, fusibles à -27°.

Quant au véritable *nitrile isocrotonique* ou *vinyl-acétique* $CH_2 = CH - CH_2 - CN$, je ne vois d'autre moyen pour l'obtenir que la déshydratation de l'amide de l'acide isocrotonique de Geuther, $CH_2 = CH - CH_2 - CO(OH)$. J'espère pouvoir le faire connaître dans un prochain avenir.

On remarquera qu'aux étages $C_3$ et $C_4$, les nitriles saturés ont, à peu de chose près, le même point d'ébullition que les éthers éthyliques correspondants.

## Étage $C_3$.

| | | |
|---|---|---|
| $CH_3 - CH_2 - CN$ | Éb. | 98° |
| $CH_3 - CH_2 - CO(OC_2H_5)$ | | 98° |

### Étage $C_4$.

| | | |
|---|---|---|
| $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CN$ | Éb. | 118° |
| $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO(OC_2H_5)$ | | 120° |
| $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CN$ | | 107°-108° |
| $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CO(OC_2H_5)$ | | 110° |
| $\begin{matrix} H_2C \\ \vert \\ H_2C \end{matrix} > CH - CN$ | | 135° |
| $\begin{matrix} H_2C \\ \vert \\ H_2C \end{matrix} > CH - CO(OC_2H_5)$ | | 133°-134° |

Il n'en paraît pas être de même en ce qui concerne les dérivés non saturés.

### Étage $C_3$.

| | | |
|---|---|---|
| $CH_2 = CH - CN$ | Éb. | 78° |
| $CH_2 - CH - CO(OC_2H_5)$ | | 101°-102° |

### Étage $C_4$.

| | | |
|---|---|---|
| $CH_3 - CH = CH - CN$ | Éb. | 118°-119° |
| $CH_3 - CH = CH - CO(OC_2H_5)$ | | 142°-143° |
| $CN_2 = \underset{\vert \atop CH_3}{C} - CN$ | | 90°-92° |
| $CH_2 = \underset{\vert \atop CH_3}{C} - CO(OC_2H_5)$ | | 115°-120° |

Les nitriles se prêtent, comme on sait, assez aisément à des transformations variées. J'espère qu'il sera possible d'arriver, à l'aide du *nitrile éthyléno-acétique* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} \rangle CH - CN$, à l'alcool *éthyléno-éthylique* $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} \rangle CH - CH_2(OH)$.

Des recherches sont entreprises dans ce but dans mon laboratoire.

—

*Sur la luminescence des gaz;* par A. de Hemptinne.

Lorsqu'on soumet un gaz à des vibrations électriques, si la pression du gaz n'est pas trop forte, il devient lumineux.

J'ai fait un certain nombre d'expériences sur la luminescence des gaz et je me propose d'examiner jusqu'à quel point on peut expliquer les phénomènes observés au moyen des principales théories modernes sur l'électricité. Je commencerai par rappeler brièvement quelques-unes de celles-ci.

Partant de la théorie électro-magnétique de la lumière, on a, d'après Maxwell, pour l'énergie électrique et magnétique par unité de volume du champ électro-magnétique :

$$\frac{KE^2}{8\pi} + \frac{\mu H^2}{8\pi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

E est la force électrique en un point, K la capacité inductive spécifique du milieu, H la force magnétique, et $\mu$ le coefficient de perméabilité magnétique.

Si un changement quelconque a lieu dans la distribu-

tion de l'énergie, le changement dans cette quantité par seconde sera

$$KE\frac{dE}{dt}\frac{1}{4\pi} + \mu H\frac{dH}{dt}\frac{1}{4\pi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Partant de l'équation générale du champ électro-magnétique et de la notion des courants de conduction et de déplacement, Poynting (*) arrive, par une série de transformations, à l'équation suivante :

$$\frac{K}{4\pi}\iiint\left(P\frac{dP}{dt} + Q\frac{dQ}{dt} + R\frac{dR}{dt}\right)dxdydz$$

$$+\frac{\mu}{4\pi}\iiint\left(\alpha\frac{d\alpha}{dt} + \beta\frac{d\beta}{dt} + \gamma\frac{d\gamma}{dt}\right)dxdydz$$

$$+\iiint(X\dot{x} + Y\dot{y} + Z\dot{z})\,dxdydz$$

$$+\iiint(Pp + Qq + Rr)\,dxdydz$$

$$=\frac{1}{4\pi}\iint\{l(R'\beta - Q'\gamma) + m(P'\gamma - R'\alpha)$$

$$+ n(Q'\alpha - P'\beta)\}\,dS\ldots$$

Le premier et le second terme de cette équation expriment l'accroissement par seconde de l'énergie électrique et magnétique; le troisième, le travail fait par seconde par les forces électro-magnétiques, c'est-à-dire l'énergie transformée en mouvement de la matière; le

(*) *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1884, 2e partie, p. 344.

quatrième exprime l'énergie transformée par le conducteur en chaleur, réactions chimiques ou autres.

Les termes de gauche expriment donc le gain total d'énergie; le terme de droite exprime que cette énergie pénètre par la surface enveloppante. Poynting, interprétant cette équation, après l'avoir encore transformée, arrive à énoncer la loi suivante :

L'énergie se meut perpendiculairement au plan contenant les lignes de la force électrique et magnétique; la quantité qui traverse l'unité de surface par seconde est égale à

Intensité électro-motrice × Intensité magnétique
× Sinus de l'angle compris entre la direction de ces deux forces
$$\times \frac{1}{4\pi}.$$

L'énergie se meut de la même façon que le ferait une vis à fil droit, si l'on tournait sa tête de la direction de l'intensité électro-motrice positive vers celle de l'intensité magnétique.

Cette loi dérive de l'interprétation théorique et géométrique d'une expression mathématique; elle peut, mais ne doit pas nécessairement correspondre à une réalité physique. L'auteur, avec plus ou moins de succès, est parvenu à expliquer quelques phénomènes au moyen de sa loi; dans la suite, nous en ferons également quelques applications.

J'appellerai encore l'attention sur la manière originale dont Poynting considère certains phénomènes électriques. Ainsi, par exemple, un fil métallique conduit, d'après lui, l'électricité parce que l'énergie électrique y pénètre par la surface, et cela grâce au fait qu'une partie de cette

énergie y est transformée en chaleur. On peut faire bien des objections aux théories de Poynting, mais pourtant, dans certains cas, on peut les appliquer utilement.

Nous avons considéré, jusqu'à présent, d'une manière générale la distribution de l'énergie dans l'espace; il y a lieu de voir de plus près par quel mécanisme l'énergie électrique se transforme en énergie lumineuse.

Suivant H. Ebert (*), les atomes et les molécules possèdent une certaine charge électrique; sous l'influence des vibrations électriques, cette charge oscille et l'éther finit ainsi par émettre des vibrations lumineuses. Le développement mathématique de cette théorie donne, suivant l'auteur, des résultats assez satisfaisants.

La théorie d'Ebert correspond sans doute à une partie de la réalité; pourtant, tout ce qui se rapporte aux phénomènes si compliqués qui accompagnent les manifestations électro-magnétiques et lumineuses, ne peut être tranché que graduellement et au moyen d'un grand nombre d'expériences; c'est dans cet ordre d'idées que les recherches suivantes ont été faites.

A l'extrémité de l'un des fils d'un transformateur de Tesla, on fixe une plaque métallique d'environ 15×5 centimètres; cette plaque est posée sur des isoloirs; l'autre fil aboutit, aussi loin que possible de la plaque, à une boule isolée. Sur la plaque, on pose une éprouvette à pied de 100 centimètres cubes; dans l'éprouvette, on met un tube scellé d'environ 15 centimètres de long sur 1 centimètre de diamètre; la pression de l'air dans le tube est de 5 millimètres. Si on lance le courant dans la batterie, la

(*) *Annales de Wiedeman*, t. XLIX, p. 651.

plaque émet des vibrations électriques et le tube devient lumineux. L'éprouvette étant remplie d'eau distillée, le tube reste encore lumineux. Si on laisse tomber une goutte d'acide sulfurique dans l'eau, on voit un voile noir descendre le long du tube, qui devient obscur. De même, si, au lieu de laisser tomber une goutte d'acide, on laisse tomber dans l'eau un cristal d'un sel soluble quelconque, on observe le même phénomène.

On peut ainsi se rendre compte à vue d'œil de la rapidité des phénomènes de dissolution, car c'est l'eau qui, devenue conductrice par la dissolution du sel, absorbe l'énergie électrique et empêche ainsi le tube de devenir lumineux. Les expériences doivent être faites dans l'obscurité et se prêteraient bien à montrer à une assemblée les phénomènes qui accompagnent la dissolution des sels. On peut en faire un grand nombre, faciles à imaginer et à exécuter; mais comme le but de ce travail est l'étude plus scientifique de l'absorption de l'énergie électrique et de la luminescence des gaz, je n'en décrirai qu'une.

Dans l'éprouvette à pied, on met d'abord du sulfure de carbone jusqu'à une hauteur d'environ 5 centimètres, puis, au-dessus, une couche d'eau de même épaisseur, enfin une couche d'huile. Le tube plonge ainsi dans trois liquides; aussitôt qu'il est soumis aux vibrations électriques, il devient entièrement lumineux. Si on laisse tomber sur l'huile quelques gouttes d'une solution saline quelconque, au bout de quelques instants la partie centrale du tube qui plonge dans l'eau devient obscure; les deux extrémités restent lumineuses. Ce phénomène est dû au fait que l'eau est rendue conductrice par le sel qui s'y est dissous après avoir traversé l'huile. Il est à remarquer que l'axe du tube est perpendiculaire à la plaque; la

orce électrique est donc parallèle à l'axe. D'après la théorie de Poynting, l'énergie électrique pénètre dans le tube perpendiculairement à l'axe. Il en résulte que si une portion du tube est enveloppée d'un anneau assez conducteur pour absorber l'énergie électrique, cette portion sera obscure; c'est ce que l'on a observé dans l'expérience précédente.

D'autres expériences concordent encore avec cette manière de voir.

Le tube scellé est suspendu dans l'espace C d'un tube à doubles parois A (fig. 1); l'espace C est entouré de toutes

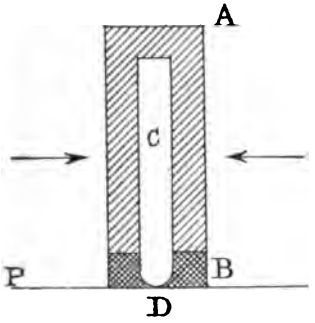



Fig. 1.

parts, sauf à sa partie inférieure, d'eau acidulée. On parvient à réaliser cette disposition en faisant pénétrer le tube C dans un bouchon B. Tout le système est placé sur la plaque P; dans ces conditions, le tube placé en C reste entièrement obscur. Ceci s'explique si, comme précédemment, on admet que l'énergie électrique pénètre, non pas perpendiculairement à la plaque, mais parallèlement, dans le sens indiqué par les flèches. Si l'on verse le liquide contenu dans A dans un grand cristallisoir C (fig. 2) placé sur la plaque et que l'on suspende au-dessus de la surface

du liquide le tube scellé S, il reste lumineux. Ainsi, dans ces conditions, le liquide n'intercepte plus l'énergie

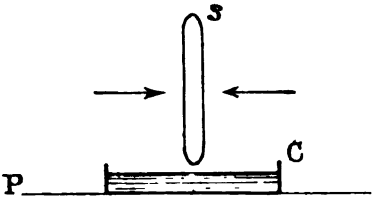



Fig. 2.

électrique, celle-ci pénètre dans le tube, et elle le fait probablement dans le sens indiqué par les flèches. On peut même mettre dans le cristallisoir C des solutions très concentrées sans obtenir l'extinction.

*Influence du diélectrique dans lequel le tube est plongé.*

L'équation (1) nous montre que l'énergie par unité de volume du champ dépend de K ; il en résulte qu'un tube plongé dans un liquide dont la constante diélectrique est grande, sera plus difficile à éteindre. C'est ce que démontrent les expériences suivantes.

On place un tube scellé dans une grande éprouvette d'une contenance de 70 centimètres cubes environ, on remplit à peu près l'éprouvette d'eau distillée, on la bouche au moyen d'un bon bouchon et l'on suspend tout le système dans un grand vase d'un litre rempli d'alcool ; le tout est posé sur la plaque de Tesla.

Après avoir constaté que le tube est bien lumineux, on retire l'éprouvette et on ajoute à l'eau distillée quelques gouttes d'acide chlorhydrique $^1/_{100}$ normal, on vérifie si le tube est encore lumineux, et, dans ce cas, on répète

l'opération jusqu'au moment où le tube reste obscur, ce qui a lieu pour une concentration de $\frac{1}{10^4} \times 67$. On a fait la même série d'expériences dans des conditions identiques, en remplaçant l'alcool par l'éther, liquide pour lequel l'extinction se produit à la concentration de $\frac{1}{10^4} \times 58$. A 14°, la constante diélectrique de l'éther est 4.37; celle de l'alcool, 27; selon les prévisions, un tube plongé dans l'alcool est plus difficile à éteindre que s'il est plongé dans l'éther, et cela dans le rapport de $\frac{67}{58}$. L'intensité du phénomène n'est pourtant pas proportionnelle au rapport des constantes diélectriques $\frac{27}{4.3}$.

*Influence de la distance des tubes à la plaque.*

Un tube scellé a été mis dans l'éprouvette à pied et à différentes distances de la plaque. Dans la première colonne du tableau suivant se trouvent les distances en millimètres; dans la seconde se trouvent les degrés de concentration pour lesquels le tube s'éteint; dans la troisième sont inscrits les produits.

| | | |
|---|---|---|
| 65 | 0.0052 | $\frac{1}{10^4} \times 2080$ |
| 40 | 0.0046 | $\frac{1}{10^4} \times 1840$ |
| 25 | 0.0060 | $\frac{1}{10^4} \times 1500$ |
| 15 | 0.0078 | $\frac{1}{10^4} \times 1170$ |

On voit d'après les chiffres de la troisième colonne que l'intensité est loin de diminuer proportionnellement à la distance de la plaque.

Une autre expérience a été faite en mettant le tube horizontalement à différentes distances de la plaque; dans ces conditions, on a trouvé

| | | |
|---|---|---|
| 50 | 0.0009 | $\frac{1}{10^4} \times 450$ |
| 10 | 0.0013 | $\frac{1}{10^4} \times 130$ |
| 11 | 0.0021 | $\frac{1}{10^4} \times 21$ |

Comme dans le cas précédent, l'intensité est loin de diminuer proportionnellement à la distance de la plaque; on a certainement affaire à une distribution assez compliquée de l'énergie électrique du champ qui entoure la plaque. Ceci devrait faire l'objet d'une étude spéciale.

*Relation entre le degré de dissociation électrolytique des substances dissoutes et la quantité nécessaire pour éteindre les tubes.*

Prenons un tube contenant de l'air à la pression de $1^{mm},5$, mettons-le dans l'éprouvette à pied, contenant environ 75 centimètres cubes d'eau distillée; dans ces conditions, à la température de 15°, on a dû mettre pour éteindre le tube :

| | | |
|---|---|---|
| 10.6 | centimètres cubes | d'acide acétique $\frac{1}{10}$ normal. |
| 4.6 | » | d'acide phosphorique $\frac{1}{100}$ normal. |
| 10.7 | » | de soude caustique $\frac{1}{100}$ normal. |
| 4.1 | » | d'acide chlorhydrique $\frac{1}{100}$ normal. |

On s'est arrangé de manière à avoir toujours le même volume total de liquide, afin que toutes les conditions, sauf la nature de la substance, fussent les mêmes; on a pris la conductibilité électrique de ces liquides et elle a été trouvée la même pour tous. Il en résulte que le pouvoir absorbant de différentes solutions pour l'énergie électrique dépend de la conductibilité électrique. Cela revient à dire que ce pouvoir absorbant ne varie pas seulement avec le degré de dissociation des électrolytes, mais dépend encore de la mobilité des ions dans la solution. Afin de mieux démontrer ce fait, nous avons opéré à différentes températures. La manière d'opérer doit être un peu modifiée; en effet, on doit autant que possible éviter l'élévation de la température du gaz dans le tube scellé, parce que, à une température élevée, les gaz deviennent plus facilement lumineux.

Cette influence n'est pas grande, comme j'ai pu le constater par d'autres expériences, mais il faut autant que possible chercher à l'éviter. A cet effet, on a préparé un petit tube scellé de 5 millimètres de diamètre sur 60 millimètres de long; dans ce tube, il y avait de l'air à la pression d'environ 2 millimètres. Ce tube a été mis dans un autre tube, plus grand, de 10 millimètres de diamètre sur 100 millimètres de long; l'air de ce tube a été raréfié jusqu'à une pression d'environ 70 millimètres. Si l'on plonge pendant quelques instants tout le système ainsi préparé dans un liquide chaud, le gaz contenu dans le tube intérieur n'aura guère le temps de s'échauffer beaucoup, le petit tube intérieur ne touchant les parois de verre, qui d'ailleurs sont mauvais conducteurs, que par deux points et étant, de plus, enveloppé d'une atmosphère d'air raréfié.

On opère alors de la manière suivante : Le liquide dans l'éprouvette est porté à 85°. On met l'éprouvette sur la plaque, on laisse glisser au fond le système des tubes et on fait marcher les étincelles; si le tube est encore lumineux, on le retire, on ajoute de nouveau de la solution, on règle la température ; et ainsi de suite, jusqu'au moment où le tube s'éteint. L'expérience peut être considérée comme faite à 80°, parce que j'ai eu soin de m'assurer au moyen d'un thermomètre que pendant le temps nécessaire aux diverses opérations, la température du liquide s'abaissait d'environ 5°. On a constaté ainsi que, à 15°, il faut mettre $7^{cc},8$ d'acide acétique $\frac{1}{40}$ normal dans $78^{cc}$ d'eau pour obtenir l'extinction, tandis qu'à 60° il ne faut que 2 centimètres cubes, ce qui provient de la grande influence de la température sur la conductibilité. Pour l'acide phosphorique, on doit ajouter, à 15°, $5^{cc},4$ d'acide $\frac{1}{100}$ N ; à 80°, $4^{cc},3$. On voit que la différence n'est pas à comparer à celle de l'acide acétique; j'ai choisi expressément l'acide phosphorique, parce que sa conductibilité varie peu avec la température; en effet, on a, d'après Ostwald :

| | |
|---|---|
| A 12° | $\mu = 47.0$, |
| A 23° | $\mu = 53.2$, |
| A 81° | $\mu = 65.8$; |

en prenant 49 pour $\mu$ à 15°, on a

$$\frac{65.8}{49} = 1.34; \qquad \frac{5.4}{4.3} = 1.26.$$

Comme ces expériences ne sont nécessairement qu'approximatives, on peut dire qu'ici encore les phénomènes sont proportionnels à la conductibilité. Ceci montre que *l'absorption de l'énergie électrique dépend non seulement du nombre des ions, mais encore de leur mobilité.*

En effet, dans le cas de l'acide phosphorique, la dissociation décroît avec la température; c'est parce que la mobilité des ions croît énormément que la conductibilité varie peu.

Pour l'acide chlorhydrique $\frac{1}{100}$ N, on a :

| | |
|---|---|
| A 12° | 4.1 centimètres cubes. |
| A 50° | 2.6 » |
| A 80° | 1.5 centimètre cube. |

D'après Ostwald, pour les solutions très diluées, on a pour $\mu$ à 18°,5, 50° et 80°, 346, 515, 650; en prenant 325 pour la conductibilité à 12°, on a :

$$\frac{515}{325} = 1.56; \quad \frac{4.1}{2.6} = 1.57; \quad \frac{650}{325} = 2; \quad \frac{4.1}{1.5} = 2.7.$$

On voit qu'ici encore il y a un rapport constant entre les concentrations auxquelles les tubes s'éteignent et les conductibilités électriques correspondantes.

Si les solutions éteignent les tubes, c'est qu'elles absorbent l'énergie électrique, c'est-à-dire transforment cette énergie en d'autres; dans le cas actuel, on a vu que cette absorption dépendait du degré de dissociation de la substance dissoute et de la mobilité des ions. Il faut en conclure que l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique, mouvement des ions dans l'eau. Ils oscillent au sein du liquide sous l'influence des vibrations électriques, comme s'ils étaient soumis à un courant alternatif. Le principe de la conservation de l'énergie permet de prévoir que ces mouvements étant produits par l'énergie électrique, celle-ci doit nécessairement être affaiblie dans le voisinage des liquides conducteurs.

*Relation entre la pression des gaz dans les tubes et la quantité de sel à ajouter pour les rendre obscurs.*

On a préparé quatre tubes scellés de mêmes dimensions et contenant respectivement de l'air à la pression de $1^{mm},5$, 10, 20 et 32 millimètres. Ces tubes ont été mis successivement dans l'éprouvette à pied, celle-ci contenant 90 centimètres cubes d'eau distillée; on y a ajouté goutte à goutte une solution $\frac{1}{50}$ normale d'acide nitrique, jusqu'au moment où le tube devenait obscur.

Cette opération peut se faire à une goutte près; il est à remarquer que la solution d'acide ainsi obtenue est très diluée; dans ces conditions, l'acide peut être considéré comme entièrement dissocié.

Dans la première colonne du tableau suivant figure le degré de concentration pour lequel le tube s'éteint, la solution normale étant prise pour unité; dans la seconde, la pression de l'air dans les tubes; dans la troisième, le produit de la concentration par la pression.

| | | |
|---|---|---|
| $\frac{1}{106} \times 66$ | 32 | $2112 \times \frac{1}{106}$ |
| $\frac{1}{106} \times 110$ | 20 | $2200 \times \frac{1}{106}$ |
| $\frac{1}{106} \times 220$ | 10 | $2200 \times \frac{1}{106}$ |
| $\frac{1}{106} \times 1350$ | 1.5 | $2025 \times \frac{1}{106}$ |

Il suffit de jeter un coup d'œil sur le tableau précédent

pour voir que *pour une distance explosive donnée, la concentration de la solution pour laquelle un tube s'éteint, est en raison inverse de la pression.*

J'ai cherché à vérifier cette loi pour des pressions plus élevées jusqu'à la limite où le tube ne devient plus lumineux.

Cette nouvelle série d'expériences a été faite avec une distance explosive plus grande que celle employée précédemment ; on obtient ainsi, la distribution des colonnes étant la même que dans le premier tableau :

| | | |
|---|---|---|
| $\frac{1}{106} \times 255$ | 30 | $\frac{1}{106} \times 7250$ |
| $\frac{1}{106} \times 157$ | 45 | $\frac{1}{106} \times 7065$ |
| $\frac{1}{106} \times 128$ | 46 | $\frac{1}{106} \times 6816$ |
| $\frac{1}{106} \times 77$ | 50 | $\frac{1}{106} \times 3850$ |

A la pression de 52 millimètres, le tube n'est plus devenu lumineux dans l'eau distillée ; il est à remarquer que la conductibilité de celle-ci, tout en étant très faible, n'était pas nulle.

On voit que la loi énoncée est vraie jusqu'à des pressions très voisines du point d'extinction ; vers cette limite, la quantité nécessaire d'acide à ajouter pour éteindre le tube diminue beaucoup plus rapidement que la pression n'augmente, et même près de la limite, change assez brusquement.

*Influence de la nature des gaz.*

Prenons deux tubes de dimensions identiques, contenant l'un de l'oxygène, l'autre de l'hydrogène, les deux gaz à la même pression; ces tubes ont été mis successivement dans l'éprouvette à pied remplie d'eau distillée. Le tube contenant de l'oxygène a été éteint lorsque la concentration de la solution a atteint 0.0055; celui contenant de l'hydrogène, pour 0.0085; le rapport

$$\frac{0.0085}{0.0055} = 1.54.$$

Dans un travail (1) sur la pression à laquelle les gaz deviennent lumineux dans un champ électrique d'intensité déterminée, nous avons trouvé que l'hydrogène devient lumineux à la pression de 71 millimètres, l'oxygène à 51; le rapport

$$\frac{71}{51} = 1.51$$

est sensiblement le même que celui de la concentration d'acide nécessaire pour obtenir l'extinction des tubes.

Une autre série d'expériences a encore été faite pour déterminer l'influence du poids moléculaire. On a préparé des tubes scellés de dimensions identiques et contenant des gaz à la même pression, 10 millimètres; on a

(1) *Zeitschrift für phys. Chemie,* t. XXVI, p. 167.

obtenu ainsi, pour les concentrations auxquelles les tubes s'éteignent :

| | Dilutions. | Poids moléculaires. |
|---|---|---|
| Brome. . . . | $\frac{1}{10^6} \times 158$ | 79 |
| Chlore. . . . | $\frac{1}{10^6} \times 316$ | 35.5 |
| Oxygène . . . | $\frac{1}{10^6} \times 357$ | 16 |
| Hydrogène . . | $\frac{1}{10^6} \times 571$ | 2 |

La quantité d'acide qu'il faut ajouter pour éteindre des tubes contenant différents gaz à la même pression décroît avec le poids moléculaire.

Il faut une concentration plus grande pour éteindre l'hydrogène que le brome. Cela revient à dire que l'énergie nécessaire pour rendre le brome lumineux dans les conditions où l'on a opéré surpasse de $\frac{1}{10^6}$ (571-158) l'énergie absorbée par l'hydrogène.

Les chiffres précédents correspondent à l'énergie absorbée par 70 centimètres cubes d'une solution d'acide chlorhydrique d'une concentration de

$$\frac{1}{10^6}(571 - 158) = \frac{1}{10^6} \times 413.$$

Nous examinerons plus tard s'il y a moyen de déterminer cette énergie en valeur absolue.

Le brome se prête encore particulièrement bien à montrer la relation qui existe entre la pression et la luminescence des gaz ou vapeurs. On met dans un tube quelques gouttes de brome et, après y avoir fait le vide, on scelle le tube; celui-ci contient alors des vapeurs de brome en assez grande quantité. On met le tube dans une éprouvette à pied remplie d'éther et posée sur la plaque. Même soumis aux vibrations électriques les plus fortes, le tube reste obscur. Si l'on jette dans l'éther quelques morceaux d'acide carbonique solide, de manière à solidifier le brome par refroidissement, à un moment donné, le tube devient brusquement lumineux dans toute son étendue.

*Influence de la chaleur sur la luminescence des gaz.*

Une première méthode est basée sur ce fait que des volumes égaux de liquides de même conductibilité ont la même puissance d'extinction. Si donc un tube T, plongé dans un volume V de liquide à la température de 15°, s'éteint pour la conductibilité $c$; en admettant que la température à laquelle le gaz est porté n'ait pas d'influence sur la luminescence, le même tube T devra s'éteindre dans le même volume V à 90° pour une conductibilité $c$. Si le tube ne s'éteint pas dans ces conditions, mais le fait seulement pour une conductibilité $c'$, $c' > c$, il faudra en conclure qu'une élévation de température favorise la luminescence des gaz.

Cette méthode présente d'assez grandes difficultés expérimentales, parce que la conductibilité varie rapidement avec la température et qu'il est difficile de maintenir

celle-ci constante. Sans pouvoir faire de détermination quantitative, j'ai pu pourtant constater qu'une élévation de la température était favorable à la luminescence des gaz.

J'ai eu soin de vérifier ce fait d'une autre manière.

L'appareil se compose d'un tube gradué AB plongeant dans le mercure et d'un réservoir C fermé à sa partie la plus étroite par un bouchon D au travers duquel passe un thermomètre T dont l'extrémité arrive au centre de C.

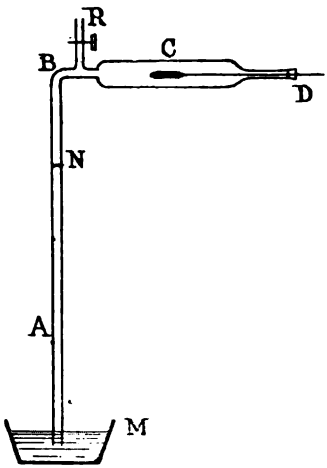



Fig. 3.

Par le robinet R, on fait le vide dans l'appareil et l'on y introduit un gaz quelconque. Le réservoir C étant soumis à des vibrations électriques, on diminue graduellement la pression du gaz jusqu'au moment où il devient lumineux.

Au moyen d'une lampe, on chauffe le réservoir C à la température de 200°, la pression du gaz augmente et le niveau N du mercure descend de quelques divisions; on constate que, dans ces conditions, pour la même énergie électrique, le gaz est encore lumineux; on peut même encore introduire du gaz dans l'appareil avant d'obtenir l'extinction. Le réservoir C étant grand en comparaison de la section du tube AB, la diminution du volume gazeux dans C par suite de la descente du mercure, conséquence de la dilatation, peut être négligée. Nous avons trouvé ainsi qu'à la température de 200°, les gaz deviennent plus facilement lumineux qu'à 15°; l'influence de la température n'est pas la même pour tous les gaz, mais les résultats obtenus ne sont pas assez précis pour être publiés. Ainsi, à 200°, une énergie électrique d'intensité déterminée peut rendre lumineuses un plus grand nombre de molécules gazeuses qu'à 15°, ou, ce qui revient au même, pour rendre lumineuses le même nombre de molécules, il faut moins d'énergie électrique à 200° qu'à 15°.

### *Réflexions théoriques.*

Les premières recherches de ce travail ont porté sur la marche et la distribution de l'énergie dans le champ électro-magnétique qui entoure la plaque; nous avons vu ensuite comment l'énergie est absorbée par les solutions conductrices, et enfin, étudié l'influence de la pression et de la nature des gaz.

Voyons quelles hypothèses ces expériences peuvent suggérer sur la façon dont l'énergie électrique se trans-

forme en énergie lumineuse. Les phénomènes lumineux dépendent des mouvements vibratoires de l'éther; la luminescence des gaz peut être la conséquence de l'oscillation, sous l'influence des forces électriques, de l'éther condensé sur les molécules; les vibrations de la molécule et des atomes dans la molécule peuvent aussi jouer un rôle dans les phénomènes. D'après E. Wiedemann, c'est à cette dernière hypothèse qu'il faut s'arrêter; suivant l'auteur, la masse de l'atmosphère d'éther qui enveloppe les molécules n'est pas suffisante pour expliquer l'énergie totale des radiations : d'après lui, la source d'une partie de ces radiations se trouve dans les vibrations produites par la déformation des molécules, en d'autres termes, par le mouvement des atomes dans celles-ci.

Les expériences faites sur la luminescence des gaz, tant ici que dans d'autres travaux, m'amènent également à conclure que les phénomènes doivent s'expliquer par l'action réciproque de l'éther et de la matière, et des mouvements des atomes dans la molécule.

Voici les faits dont on peut tirer les mêmes déductions : au moment où un tube devient lumineux, la pression des gaz n'augmente pas dans ce tube, du moins le mercure du tube barométrique ne semble pas changer de niveau; d'autre part, une faible élévation de température, c'est-à-dire un léger accroissement de l'état vibratoire des molécules, dilate le gaz, c'est-à-dire fait descendre le niveau du mercure. Il faut en déduire que si le mouvement des molécules joue un rôle dans la luminescence des gaz, ce mouvement est en tout cas très petit. Il y a donc autre chose que le mouvement de la molécule qui joue un rôle dans les phénomènes : c'est sans doute l'os-

cillation de l'atmosphère d'éther condensée à la surface des particules matérielles. S'il n'en était pas ainsi, les gaz monoatomiques ne pourraient pas être lumineux; c'est là, du reste, une question qui mériterait encore examen.

L'influence de la chaleur sur la luminescence des gaz montre, d'autre part, que le mouvement des molécules et des atomes dans la molécule est favorable à la luminescence; cette question a certains rapports avec l'accroissement de la chaleur spécifique des gaz avec la température.

En effet, si la chaleur spécifique des gaz croît avec la température, cela est dû aux travaux qui se passent dans la molécule; on remarque d'ailleurs que c'est pour les corps à édifice moléculaire complexe que la chaleur spécifique croît le plus avec la température; de mon côté, j'ai observé également que, précisément pour ces corps, la chaleur semblait avoir le plus d'influence sur la luminescence. On ne peut donc nier le rôle que l'action réciproque de la matière, de l'éther et des mouvements vibratoires des atomes joue dans la luminescence des gaz.

On peut exposer la théorie mathématique de l'électricité en partant de l'hypothèse des deux fluides ou de celle d'un fluide unique. Cette dernière hypothèse, malgré son imperfection, se prête pourtant le mieux à l'explication de la luminescence des gaz; la théorie des deux fluides et l'action électrostatique à distance ne peuvent expliquer d'une manière satisfaisante l'absorption de l'énergie électrique par une solution conductrice voisine d'un tube rempli de gaz raréfié.

Dans la théorie du fluide unique, les phénomènes

électro-magnétiques sont dus à des déplacements dans l'éther. Ce sont ces déplacements qui, agissant sur l'éther condensé à la surface de la molécule, produisent finalement la luminescence.

L'énergie nécessaire pour rendre un gaz lumineux est proportionnelle à la pression, jusqu'à une certaine limite; lorsqu'on approche de celle-ci, l'énergie doit croître beaucoup plus rapidement que la pression et on ne tarde pas à arriver à des pressions pour lesquelles les décharges sont disruptives.

Il faut en conclure que le nombre de molécules par unité de volume augmentant, le courant (*) de déplacement électrique n'a plus l'énergie suffisante pour donner à l'atmosphère d'éther qui entoure les molécules un mouvement vibratoire de l'ordre de grandeur des radiations lumineuses; l'inertie de la matière amortit ces vibrations, qui ne peuvent atteindre l'intensité voulue. C'est sans doute aussi pour ce motif que pour les gaz simples, hydrogène, oxygène, chlore, brome, l'énergie absorbée pour rendre les gaz lumineux croît avec le poids moléculaire.

Gand, le 27 novembre 1898.

---

## ÉLECTIONS.

La Classe procède à l'élection de son directeur pour l'année 1900; les suffrages se portent sur M. Ch. Lagrange.

M. Dupont, en cédant le fauteuil présidentiel à son

---

(*) D'après Maxwell.

successeur, M. Spring, remercie ses confrères pour le concours bienveillant et sympathique qui lui a permis, dit-il, de remplir sa tâche de directeur pendant l'année écoulée.

M. Spring propose de voter des remerciements à M. Dupont. (*Applaudissements.*)

M. Lagrange, invité à venir prendre place au bureau, exprime ses remerciements à l'assemblée.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Francotte* (*Pol.*). Recherches sur la maturation, la fécondation et la segmentation chez les Polyclades. Paris, 1898; in-8° (109 p. et 7 pl.).

*Henry* (*Louis*). Sur les nitriles-alcools aliphatiques et leurs dérivés. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (XVI-226 p.).

*Laurent* (*Émile*). Recherches expérimentales sur les maladies des plantes. Paris, 1898; in-8° (48 p.).

*Servais* (*Cl.*). La courbure et la torsion dans la collinéation et la réciprocité. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (48 p.).

*Gravis* (*A.*). Recherches anatomiques et physiologiques sur le « Tradescantia virginica L. », au point de vue de l'organisation générale des monocotylées et du type Commélinées en particulier. Bruxelles, 1898; extr. in-4° (304 p. et 27 pl.).

*Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics.* Rapports

des Commissions médicales provinciales sur leurs travaux pendant l'année 1897. Bruxelles, 1898.

BRUXELLES. *Société d'anthropologie.* Bulletin, tome XV. 1897.

*État Indépendant du Congo.* Annales du Musée du Congo, série I, Botanique : Illustrations de la Flore du Congo, par Ém. De Wildeman et Th. Durand, tome Ier, fasc. 2. 1898; in-4°.

— Série II, Zoologie: Poissons nouveaux, par G.-A. Boulenger, tome Ier, fasc. 2. 1898; in-4°.

*Observatoire royal de Belgique.* Annuaire, 65e année, 1898, supplément. 66e année, 1899; 2 vol. in-16.

*Société belge d'astronomie.* Annuaire pour l'an 1899. In-18.

—

## ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

BERLIN. *Physikalische Gesellschaft.* Die Fortschritte der Physik im Jahre 1877, 53. Jahrgang, I-III.

DRESDE. *Verein für Erdkunde.* Jahresbericht, XXVI, 1898.

INNSPRUCK. *Ferdinandeum.* Zeitschrift, 42. Heft. 1898.

MAGDEBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein.* Jahresbericht und Abhandlungen, 1896-98.

MUNSTER. *Verein für Wissenschaft und Kunst.* 26. Jahresbericht, 1897-98.

—

## AMÉRIQUE.

*Snyder* (*M.-B.*). Report of the Harvard astrophysical conferences, August 1898. Lancaster, 1898; in-8° (32 p.).

INDIANOPOLIS. *Academy of science.* Proceedings, 1897.

WASHINGTON. *U. S. geological Survey*. Monographs, vol. XXX, 1898. In-4°.

BUENOS-AYRES. *Oficina meteorologica*. Anales, tomo XII, 1898. In-4°.

PHILADELPHIE. *Wagner free Institute of science*. Transactions, vol. III, 4; IV. 1896-1898.

—

FRANCE.

*de la Rochemacé* (*F.*). Les gelées printanières du vignoble. Leurs causes physiques et le moyen de pallier les désastres qu'elles causent. Tours, 1898; in-4° (2 p.).

*Féral* (*Gaston*). Observations météorologiques sur les pluies générales et les tempêtes; nouvelle édition. Albi, 1897; in-8° (22 p.).

*Nepveu* (*G.*). Sur un trypanosome dans le sang de l'homme. Paris, 1898; extr. in-8° (2 p.).

*Saint-Lager*. Genre grammatical des noms génériques. Grandeur et décadence du Nord. Paris, 1897; in-8° (28 p.).

— Notice sur Alexis Jordan. Paris, 1898; in-8° (16 p.).

AMIENS. *Société linnéenne*. Mémoires, tome IX, 1892-93.

BORDEAUX. *Académie des sciences, belles-lettres et arts*. Actes, 1894-95. Cartulaire de l'église collégiale de Saint-Seurin de Bordeaux (Jean-Aug. Brutails). 1897.

DUNKERQUE. *Société des sciences*, etc. Mémoires, 1897-98; vol. 30.

NANCY. *Académie de Stanislas*. Mémoires, tome XV, 1897.

LYON. *Société linnéenne*. Annales, tome XLIV, 1897.

LILLE. *Université.* Travaux et mémoires des Facultés, tome IV, nos 15-21. 1894-98.

— Atlas n° 1 : Atlas d'embryologie : développements des organes génito-urinaires chez l'homme. 1892; in-fol.

MARSEILLE. *Institut colonial.* Annales, 5e année, vol. IV. 1897.

PARIS. *Bulletin scientifique de la France* (Alfred Girard). 1898.

—

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

LONDRES. *Royal Society.* Philosophical Transactions for the year 1897 : series A, vol. 189 and 190; series B, vol. 188 and 189. In-4°.

— *British Museum.* Catalogue of birds, vol. XXVI. 1898.

ADELAÏDE. *Observatory.* Meteorological observations, 1895. In-4°.

MAURICE. *Royal Alfred Observatory.* Annual report, 1897.

—

PAYS DIVERS.

*Flora Batava*, aflevering 321 en 322. 1898; in-4°.

LEYDE. *Vereeniging voor electrotechniek.* Verslag van de Commissie voor de opleiding van electrotechnische werklieden. 1898.

— Notulen der vergaderingen in 1898 : V, VI, VII. 1898; 3 cahiers in-8°.

LEYDE. *Sternwarte*. Annalen, Band VII. 1897.

HELSINGFORS. *Societa pro fauna et flora*. Meddelanden, Bd. 23; Acta, XIII et XIV. 1897-1898.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 2.

*Séance du 4 février 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, Julien Fraipont, P. Francotte et Ch.-J. de la Vallée Poussin, *correspondants.*

## CORRESPONDANCE.

—

Mme veuve Gottlieb Gluge remercie la Classe et particulièrement M. Éd. Dupont pour les paroles prononcées, en séance du 7 janvier, au sujet de la mort de son mari.

M. Vanlair accepte de faire, pour l'*Annuaire*, la notice de M. G. Gluge.

— MM. Luigi Cremona, Edwin Ray Lankester et A. Karpinsky remercient pour leur diplôme d'associé.

— M. R. Goldschmidt, qui aurait dû venir recevoir, en séance publique du 16 décembre 1898, un exemplaire des œuvres de Stas, écrit de Rangoun (Birmanie) pour motiver son absence et remercier au sujet de cette distinction.

— L'Université de Cambridge (Angleterre) annonce qu'elle célébrera les 1er et 2 juin prochain le cinquantenaire de Sir Georges Gabriel Stokes, Bart., « Lucasian Professorship of mathematics ».

M. le Secrétaire perpétuel enverra une adresse de félicitations au jubilaire.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

*La Cellule. Recueil de cytologie*, tome XV, 2e fascicule;
*Carte géologique internationale de l'Europe*, 3e livraison;
*Flora batava*, aflevering 323 en 324.

— Remerciements.

— La Société impériale de minéralogie à Saint-Pétersbourg annonce la mort de son directeur, Paul Iéréméïew, conseiller privé, membre de l'Académie impériale des sciences et professeur à l'Institut des mines, décédé à Saint-Pétersbourg, le 6/18 janvier 1899.

— Hommage d'ouvrages :

A. *Sur la constitution des tourbes;* B. *Notice sur les calamariées,* 3e partie; C. *Le mode de propagation des bactériacées dans les combustibles fossiles, etc.;* par B. Renault, associé;

*Notice sur le Dr Ernest Candèze;* par Auguste Lameere.

— Remerciements.

— Les travaux manuscrits suivants sont renvoyés à l'examen :

1° *Recherches sur l'acide phénoxacétique* (quatrième communication). — *Bromuration de l'acide phénoxycinnamique;* par le Dr A.-J.-J. Vandevelde. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

2° *Contribution à l'étude de l'électricité médicale;* par Casimir Radzikowski, assistant à l'Institut Solvay. — Commissaires : MM. Fredericq, Masius et De Heen;

3° *La raffinose considérée comme aliment hydrocarboné de l'*Aspergillus niger; par Henry Gillot. — Commissaires : MM. Gilkinet, Errera et Jorissen;

4° *Nouvelles recherches sur la dilatation de la dypnone;* par Michel Ameye. — Commissaires : MM. Delacre et Henry;

5° *Les Soleils;* par le chevalier A. de Longrée. — Commissaires : MM. Lagrange et Folie.

---

# PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1900 (1).

## SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

### PREMIÈRE QUESTION.

*Faire l'exposé des recherches exécutées sur les phénomènes critiques en physique.*

*Compléter nos connaissances sur cette question par des recherches nouvelles.*

### DEUXIÈME QUESTION.

*On demande des recherches nouvelles sur la viscosité des liquides.*

### TROISIÈME QUESTION.

*On demande de compléter, par des recherches nouvelles, l'étude des dérivés carbonés d'un élément dont les combinaisons sont encore peu connues.*

### QUATRIÈME QUESTION.

*Faire, à partir de leurs origines, l'historique des recherches sur la variation des latitudes, et discuter les interprétations qui ont été données de ce phénomène.*

### CINQUIÈME QUESTION.

*On demande une contribution à l'étude algébrique et géométrique des formes* n *- linéaires,* n *étant plus grand que* 3.

---

(1) Ce programme contient exceptionnellement dix questions, au lieu des six questions prescrites par le Règlement de la Classe (article 15).

## SCIENCES NATURELLES.

### PREMIÈRE QUESTION.

*Établir les limites de l'assise de Comblain-au-Pont et déterminer la place qu'elle doit occuper dans la classification. Est-elle devonienne ou carbonifère?*

### DEUXIÈME QUESTION.

*Faire l'exposé des recherches sur les modifications physiques produites dans les minéraux par la pression et compléter ces recherches par de nouvelles observations.*

### TROISIÈME QUESTION.

*On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et sur le développement d'un Platode, en vue de déterminer s'il existe ou non des rapports phylogéniques entre les Platyhelmes et les Entérocœliens.*

### QUATRIÈME QUESTION.

*Existe-t-il un noyau chez les Schizophytes (Schizophycées et Schizomycètes)? Dans l'affirmative, quelle est sa structure et quel est son mode de division?*

### CINQUIÈME QUESTION.

*On demande des recherches sur les plantes devoniennes de Belgique, au point de vue de la description, de la position stratigraphique et, si possible, des caractères anatomiques.*

La valeur des médailles d'or attribuées à la solution de chacune de ces questions est de *six cents francs*.

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pour-

ront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1er août 1900.

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches manuscrites ou photographiques.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage : ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse (il est défendu de faire usage d'un pseudonyme); faute, par eux, de satisfaire à cette formalité, le prix ne pourra leur être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront reconnaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant, à cet effet, au Secrétaire perpétuel.

—

La Classe met, dès à présent, au CONCOURS POUR L'ANNÉE 1901, la question suivante :

*Compléter par des recherches nouvelles nos connaissances concernant les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux* (Fl, Cl, Br, I).

Une médaille d'or de la valeur de *six cents francs* est

attribuée à la solution de cette question; le délai pour la remise des manuscrits expirera le 1er août 1901.

Les conditions du concours sont les mêmes que celles qui figurent au programme pour l'année 1900.

---

## RAPPORTS.

---

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke, sur les requêtes par lesquelles MM. P. Francotte et L. Querton sollicitent de pouvoir bénéficier de la table belge à la station zoologique du Dr Dohrn, à Naples.

— Renvoi à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique.

---

*Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme);* par Ch. Nelis.

*Rapport de M. Éd. Van Beneden, premier commissaire.*

« M. Ch. Nelis, élève de M. le professeur Van Gehuchten, a soumis à l'appréciation de la Classe un travail exécuté au laboratoire de neurologie de l'Université de Louvain. Il a intitulé son mémoire : *Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme).*

Examinant à l'immersion homogène des coupes du ganglion plexiforme du Chien, après fixation par le liquide

au sublimé corrosif du professeur Gilson, ou par une solution de formol à 5 %, traitement par la méthode au fer de Heidenhain et coloration par l'érythrosine ou l'éosine, l'auteur constate la présence, dans le corps protoplasmique des cellules nerveuses, de formations claires qu'il décrit comme suit : « Ces formations sont de petites bandes régulières et incolores, tranchant nettement sur le fond coloré dont elles sont séparées, de chaque côté, par une ligne lisse. Les deux lignes qui limitent la bande restent toujours parallèles. Ici l'on voit comme un croissant de lune, là une boucle, là encore une espèce de spirale en tire-bouchon...; nous avons même observé une disposition ressemblant à celle d'un panache flottant au vent. Quand on manœuvre la vis microscopique, on s'aperçoit que ces formations sont en continuité les unes avec les autres; on a devant soi quelque chose qu'on saurait difficilement débrouiller, mais qui ressemble assez bien à un fil entortillé sur lui-même. Définir exactement devant quoi l'on se trouve, cela est impossible; d'ailleurs la forme des anses, des boucles, des glomérules est variable à l'infini. Ce qui est certain et constant, c'est qu'ils sont constitués par un élément incolore, gardant partout le même calibre, ayant l'air d'être amorphe et se présentant sous la forme d'un boyau ou d'un spirème. »

Ces formations se rencontrent tantôt à la périphérie de la cellule, tantôt au voisinage du noyau. Elles occupent les positions les plus diverses. Elles ont été observées dans presque toutes les cellules de deux ganglions plexiformes du pneumogastrique, enlevés à deux Chiens différents et normaux, dans le ganglion sympathique cervical des mêmes Chiens, dans les cellules pyramidales de leur

écorce cérébrale, dans les ganglions spinaux du Lapin. Chez le Chat, il a été impossible de retrouver le spirème, quelle que fût la méthode employée. L'auteur conclut que « le boyau, dont l'existence est en somme réelle, ne se présente que dans des cas relativement rares ».

Dans certains états pathologiques, sa présence, dans les cellules nerveuses, devient beaucoup plus fréquente.

C'est ainsi que les cellules motrices du nerf hypoglosse et les cellules de la formation réticulaire d'un Cobaye intoxiqué par l'arsénite de potassium « sont littéralement criblées de boyaux »; on y voit des spirèmes s'enfoncer dans les prolongements cellulaires. Les mêmes faits, l'auteur les constate dans l'intoxication par le trional, l'intoxication tétanique et l'intoxication rabique; il les a observés aussi dans l'écorce grise d'un homme atteint de manie aiguë, qui succomba à une affection intercurrente, la pneumonie; enfin, dans un cas de tétanos.

Il admet que l'état spirémateux « préexiste plus que probablement dans les cellules normales » et que, sous l'influence de causes pathologiques variées, des modifications inconnues retentissent sur le boyau lui-même ou sur le protoplasme ambiant, de telle sorte que le premier devient par là plus manifeste et par conséquent plus facile à mettre en évidence.

A en croire l'auteur, et il importe de retenir cette conclusion, les images observées par lui démontreraient qu'il peut exister à l'intérieur de la cellule nerveuse normale *un élément incolore*, réfringent, qu'on ne saurait mieux comparer qu'à un boyau ou à un spirème, élément non décrit jusqu'ici.

M. le professeur Van Gehuchten a bien voulu me communiquer deux préparations, pour me permettre de m'assurer par moi-même des faits signalés par M. Nelis.

Je n'ai eu aucune peine à retrouver les images décrites par l'auteur; mais je dois à la vérité de dire que ses observations m'ont paru incomplètes, en partie inexactes, et que je ne puis me rallier à l'interprétation qu'il a donnée des faits.

D'abord il n'est pas exact que les formations décrites comme étant des boyaux incolores gardent partout le même calibre. Dilatées en certains points, elles sont rétrécies en d'autres; à côté de formations qui ont l'apparence de cordons, on voit des espaces très étroits, qui ont l'aspect de fentes; d'autres, de dimensions plus ou moins considérables, sont manifestement des vacuoles de formes diverses. Leur nature ressort avec évidence du fait que, dans beaucoup de cellules, ces vacuoles refoulent en dedans la membrane nucléaire. Ces vacuoles avoisinant le noyau et celles qui siègent à la périphérie des cellules, dont le corps cellulaire, soit dit en passant, est fortement rétracté dans toute l'étendue de la préparation, sont certainement des productions artificielles déterminées par le traitement auquel l'objet a été soumis. Or on trouve toutes les transitions possibles entre ces vacuoles et les formations allongées, continues ou discontinues, incurvées ou entortillées, que M. Nelis considère comme des éléments achromatiques, préformés dans le protoplasme. La substance qui les constitue a identiquement la même réfringence, la même homogénéité, le même aspect que celle qui occupe les vacuoles, ce qui n'a rien d'étonnant si, comme je le pense, les spirèmes sont, comme les vacuoles, des lacunes occupées par un liquide.

Un second fait, c'est que l'on observe fréquemment un tractus, une sorte de filament coloré, dans les lacunes

tubulaires. On le voit tantôt en coupe optique, tantôt en coupe réelle, coupé transversalement ou obliquement, voire même intéressé suivant sa longueur. Sa position relativement à l'espace clair est axiale, excentrique ou même tout à fait périphérique, auquel cas il peut se confondre avec la couche qui délimite la lacune.

L'on constate d'autre part que des vacuoles arrondies ou allongées siègent fréquemment au contact immédiat de tous les éléments chromophiles de la cellule, noyau, corps de Nissl, traînées granuleuses qui émanent de ces derniers. Il m'a paru ressortir avec évidence de l'examen des préparations qui m'ont été soumises, que les tractus colorés des soi-disant boyaux achromophiles sont la cause de l'apparition de ces boyaux, en ce sens que le voisinage de tout élément chromophile de la cellule est un lieu d'élection pour la formation de lacunes artificielles et que souvent la forme des éléments chromophiles influe sur la forme de la lacune formée à son contact. Que sont ces filaments colorés? Sont-ils en tout ou en partie réductibles aux éléments du réticulum à larges mailles récemment décrit par Golgi et dont M. Veratti a fait l'objet d'une publication intéressante dans un des derniers numéros de l'*Anatomischer Anzeiger?* Je ne saurais me prononcer sur ce point. Mais je ne puis passer sous silence que différents auteurs ont signalé des productions vacuolaires dans les cellules nerveuses. Tels notamment MM. Nageotte et Ettlinger, qui font connaître ce qu'ils appellent l'état fissuré du protoplasme des cellules nerveuses. A en juger par la description qu'ils en donnent, les images observées par MM. Nageotte et Ettlinger ont de l'analogie avec celles qu'a vues M. Nelis. Ces images, les auteurs les attribuent non pas à un élé-

ment préformé du protoplasme, mais à des fissures. C'est exactement l'impression que m'ont produite les préparations de M. Nelis.

J'ai fait connaître par écrit à M. le professeur Van Gehuchten, sous la direction duquel le travail de M. Nelis a été exécuté, mes scrupules et mes doutes. Dans une première réponse, mon honorable collègue, regrettant de ne pouvoir partager ma manière de voir, maintient l'exactitude des observations et des interprétations de son élève. Dans une lettre ultérieure, il reconnaît l'existence des tractus colorés qui m'avaient frappé tout d'abord, et il ajoute que M. Nelis connaissait depuis longtemps ces éléments; s'il n'en a pas parlé dans sa communication, c'est que ces filaments colorés ne s'observent que rarement.

Il n'est pas tout à fait exact que M. Nelis n'ait pas parlé de ces filaments dans son mémoire. On lit en effet à la page 13 : « Il est fréquent de constater, dans les anses que fait le spirème, une granulation chromatique assez volumineuse que le boyau semble contourner. »

Les granulations dont parle l'auteur sont évidemment les coupes optiques ou réelles des filaments dont il s'agit; il eût suffi de recourir à la vis pour s'en assurer. Si M. Nelis a signalé des granulations « que semble contourner le boyau », il faut croire qu'au moment de rédiger son mémoire il avait perdu de vue les filaments, qu'il a eu grand tort, à mon avis, de passer sous silence.

Mon impression n'étant pas favorable au mémoire soumis à mon examen et désirant vivement éviter l'obligation d'en faire la critique, j'ai offert à M. le professeur Van Gehuchten de laisser au second commissaire seul le soin d'apprécier. Il a insisté auprès de moi pour me

déterminer à ne pas décliner la mission que la Classe m'a confiée, ajoutant que son seul désir était de me voir proposer l'impression. Je n'éprouve aucune difficulté, toutes mes réserves étant faites, à donner cette satisfaction à mon honoré collègue. Si, d'une part, j'ai la conviction que les images incomplètement analysées par M. Nelis ne justifient pas ses conclusions quant à l'existence d'un spirème achromatique dans le protoplasme des cellules nerveuses; si, à mon avis, le soi-disant boyau résulte de l'apparition artificielle dans le corps cellulaire de lacunes affectant une apparence plus ou moins tubulaire, je pense, d'autre part, que le trajet très particulier de ces lacunes ne peut s'expliquer que par l'hypothèse d'une structure préexistante et que les images sur lesquelles M. Nelis appelle l'attention pourront contribuer à faire connaître cette structure. A ce point de vue, la notice de M. Nelis peut présenter un certain intérêt. Je propose donc à la Classe d'en ordonner l'impression dans le *Bulletin*. Le travail est accompagné de planches indispensables à l'intelligence du texte. »

Ces conclusions, auxquelles se rallie M. Van Bambeke, second commissaire, sont adoptées par la Classe.

—

A. *Sur les benzopyrines métalliques ;* B. *Sur la constitution des salipyrines;* C. *Sur le chlorure double de cuivricum et d'antipyrine ;* par M.-C. Schuyten.

*Rapport de M. A. Jorissen, premier commissaire.*

« M. Schuyten adresse à l'Académie trois nouvelles notes sur les combinaisons additionnelles de l'antipyrine.

Dans la première, il décrit les expériences qu'il a

entreprises en vue d'obtenir des composés par addition, au moyen de l'antipyrine et des benzoates métalliques.

Tandis que dans les conditions indiquées, les salicylates donnent naissance à des produits définis, il n'en est pas de même des benzoates, lesquels semblent ne former avec la base en question que des mélanges.

D'après M. Schuyten, les benzopyrines n'existeraient pas plus que le benzoate d'antipyrine.

Dans la deuxième note, l'auteur, guidé tant par des considérations théoriques que par les données qu'il a recueillies dans ses recherches sur les salipyrines, discute la constitution de ces composés et représente graphiquement la structure moléculaire qu'il croit pouvoir leur attribuer.

Enfin, dans la troisième note, il fait connaître les propriétés et la composition du chlorure double de cupricum et d'antipyrine, combinaison intéressante à divers points de vue.

Les observations mentionnées dans ces trois notes étant destinées à compléter l'exposé de recherches décrites précédemment, nous avons l'honneur de proposer l'impression de ces communications dans le *Bulletin* des séances. »

M. Spring, second commissaire, se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

---

*Sur l'alternance de volatilité dans la série des chlorures acides normaux* $C_nH_{2n+1}$ - COCl; par Louis Henry, membre de l'Académie.

Je me suis occupé, il y a longtemps déjà, en 1885 (*), soit pour la *préciser*, soit pour la *signaler*, de l'alternance de propriétés que l'on constate, en ce qui concerne la *fusibilité*, la *solubilité* et l'*aspect extérieur*, entre les divers termes homologues de certaines catégories de composés

---

(*) Voir COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE FRANCE :
1° *Sur la solubilité dans la série oxalique*, t. XCIX, p. 1157 (1885);
2° *Sur la fusibilité dans la série oxalique*, t. C, p. 60 (1885);
3° *Sur les amides du groupe oxalo-adipique*, t. C, p. 943 (1885).

J'avais déjà communiqué ces résultats, en ce qui concerne les acides, à la Section de chimie du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences à Blois, en 1884. (Voir le *Compte rendu* de ce Congrès, p. 166.)

Je ne crois pas inutile de rappeler que c'est dans une courte note insérée au *Bulletin de la Société chimique de Berlin*, t. X, p. 1286 (année 1877), sous le titre : *Ueber Regelmässigkeiten im Schmelzpunkt homologer Verbindungen*, que M. Adolf Baeyer a, le premier, signalé ce fait que « dans les acides de la série oxalique, *les termes* qui renferment un nombre *pair* d'atomes de carbone ont un point de fusion plus élevé que ceux qui en renferment un nombre d'atomes *impair* ». Dans cette note sommaire, il est également question des acides gras $C_nH_{2n}O_2$.

du groupe oxalique $>C\text{-}(CH_2)_n\text{-}C<$, acides, amides, etc., suivant qu'ils renferment dans leur molécule le carbone en nombre *pair* ou *impair* d'atomes.

Je ne pense pas que jusqu'ici on ait constaté une alternance quelconque en ce qui concerne la *volatilité* dans une série de composés homologues. C'est un fait de cette nature, bien étrange assurément, que je viens faire connaître aujourd'hui.

Il s'agit de la série des *chlorures acides normaux* $CH_3\text{-}(CH_2)_n\text{-}COCl$ depuis le terme $C_2$ (*) jusqu'au terme $C_9$ inclus.

Si l'on range ces composés en deux séries, l'une renfermant les termes à nombre *pair*, l'autre à nombre *impair* d'atomes de carbone :

| Série *paire*. | | | | Série *impaire*. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Étage. | | Point d'ébullition. | Différence. | Étage. | | Point d'ébullition. | Différence. |
| $C_2$ | $CH_3\text{-}COCl$ | 51°-52° | 48° à 50° | $C_3$ | $C_2H_5\text{-}COCl$ | 78°-80° | 47° à 50° |
| $C_4$ | $C_3H_7\text{-}COCl$ | 100°-101° | | $C_5$ | $C_4H_9\text{-}COCl$ | 127°-128° | 46° à 48° |
| $C_6$ | $C_5H_{11}\text{-}COCl$ | 145°-146° | 44° à 46° | $C_7$ | $C_6H_{13}\text{-}COCl$ | 174°-175° | |
| $C_8$ | $C_6H_{13}\text{-}COCl$ | 194°-195° | 48° à 50° | $C_9$ | $C_8H_{17}\text{-}COCl$ | 220° | 45° à 46° |

on constate, entre deux termes voisins dans chaque série, une différence de volatilité sensiblement de même ordre, environ 48° pour chaque système $(\text{-}CH_2)_2$.

---

(*) Le *chlorure de formyle* H - COCl est encore inconnu. A cause de sa nature spéciale, il est à prévoir qu'il ferait bande à part, quant à sa volatilité, dans le groupe des chlorures des acides gras normaux. On s'occup dans mon laboratoire de mettre au jour ce composé important.

Ce qu'il importe de remarquer, c'est que cette différence ne se partage pas, entre deux termes voisins dans la série entière, en deux parties égales. L'addition d'un chaînon - $CH_2$ détermine, à la vérité, dans tous les cas une élévation dans le point d'ébullition, mais celle-ci diffère de valeur suivant que l'on passe d'un terme *pair* à un terme *impair* et vice versa.

On a ainsi la série totale que voici :

| Étage. | | Point d'ébullition. | Différence. |
|---|---|---|---|
| $C_2$ | $CH_3 - COCl$ | 51°-52° | |
| | | | 26° à 29° |
| $C_3$ | $CH_3 - CH_2 - COCl$ | 78°-80° | |
| | | | 20° à 23° |
| $C_4$ | $CH_3 - (CH_2)_2 - COCl$ | 100°-101° | |
| | | | 26° à 28° |
| $C_5$ | $CH_3 - (CH_2)_3 - COCl$ | 127°-128° | |
| | | | 17° à 19° |
| $C_6$ | $CH_3 - (CH_2)_4 - COCl$ | 145°-146° | |
| | | | 28° à 30° |
| $C_7$ | $CH_3 - (CH_2)_5 - COCl$ | 174°-175° | |
| | | | 19° à 21° |
| $C_8$ | $CH_3 - (CH_2)_6 - COCl$ | 194°-195° | |
| | | | 26° |
| $C_9$ | $CH_3 - (CH_2)_7 - COCl$ | 220° | |

Il ressort de là que la différence entre un terme *pair* et le terme *impair* immédiatement suivant est plus considérable qu'entre *celui-ci* et le terme *pair* immédiatement supérieur dans l'échelle de carburation : dans le premier cas, cette différence est d'environ 28°, et dans le second, de 20° environ (*).

(*) Le caractère propre à l'élévation progressive du point d'ébullition dans les chlorures acides apparaît d'une manière plus frappante

A mon sens, ce qu'il y a d'important à constater, c'est moins le *quantum* exact de ces différences que la nature de celles-ci, dont l'alternance se reproduit avec une évidente régularité.

Quant à ce quantum différentiel, pour en déterminer la valeur précise à chaque intervalle de la série, il aurait fallu déterminer le point d'ébullition de ces divers chlorures dans les mêmes conditions physiques et dans un état de pureté absolu. Je n'ai pas été à même de faire ces diverses constatations expérimentales (*).

---

encore si l'on tient compte de ce qu'elle est dans la série des chlorures d'alcools normaux correspondants $CH_3 - (CH_2)_n - CH_2Cl$.

| Étage. | | Point d'ébullition. | Différence. |
|---|---|---|---|
| $C_2$ | $CH_3 - CH_2Cl$ | 12° | 34° |
| $C_3$ | $CH_3 - CH_2 - CH_2Cl$ | 46° | 32° |
| $C_4$ | $CH_3 - (CH_2)_2 - CH_2Cl$ | 78° | 28° |
| $C_5$ | $CH_3 - (CH_2)_3 - CH_2Cl$ | 106° | 27° |
| $C_6$ | $CH_3 - (CH_2)_4 - CH_2Cl$ | 133° | 26° |
| $C_7$ | $CH_3 - (CH_2)_5 - CH_2Cl$ | 159° | 21° |
| $C_8$ | $CH_3 - (CH_2)_6 - CH_2Cl$ | 180° | 16° |
| $C_9$ | $CH_3 - (CH_2)_7 - CH_2Cl$ | 196° | |

On voit ici les différences dans les points d'ébullition diminuer d'importance, au fur et à mesure que l'on s'élève plus haut dans l'échelle de carburation. Dans ces conditions, cette variation est régulière.

(*) Je tiens à faire remarquer qu'un *seul* de ces points d'ébullition a été déterminé dans mon laboratoire : celui du *chlorure de capryle*

L'existence de cette *variation alternante* trouve une confirmation intéressante dans la série des chlorures des acides *iso* renfermant le système tricarboné terminal $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}>CH-$. On en compte trois aujourd'hui qui heureusement se suivent dans l'échelle de carburation, à savoir (*) :

| | | Différence. | | Différence. |
|---|---|---|---|---|
| $C_4$ | $\begin{matrix}H_3C\\H_3C\end{matrix}>CH-COCl$ | | Éb. 92° | |
| | | 21°-22° | | |
| $C_5$ | $\begin{matrix}H_3C\\H_3C\end{matrix}>CH-CH_2-COCl$ | | 113°-114° | 49°-50° |
| | | 27°-29° | | |
| $C_6$ | $\begin{matrix}H_3C\\H_3C\end{matrix}>CH-(CH_2)_2-COCl$ | | 141°-142° | |

---

$CH_3-(CH_2)_6-COCl$. Le point d'ébullition du *chlorure de pélargonyle* $CH_3-(CH_2)_7-COCl$ remonte à 1850; il a été déterminé par M. Cahours (1).

Les points d'ébullition du chlorure de *valéryle normal* $CH_3-(CH_2)_3-COCl$, de *capronyle* $CH_3-(CH_2)_4-COCl$ et d'*œnanthyle* $CH_3-(CH_2)_5-COCl$ ont été déterminés par M. P. Freundler, en 1895 (2).

Les autres points d'ébullition des composés en $C_2$, $C_3$ et $C_4$ ont été déterminés par MM. Brühl (3), Thorpe (4), Linnemann (5) et Sestini (6).

(*) Le point d'ébullition du *chlorure d'isobutyryle* en $C_4$ a été déterminé par M. Morkownikoff (7), plus tard par M. Brühl (8), ainsi que celui du *chlorure d'isovaléryle* en $C_5$; celui du *chlorure d'isocaproyle* en $C_6$ a été déterminé par M. Freundler (9).

(1) *The Quarterly Journal of the Chemical Society*, t. III, p. 240 (année 1850).
(2) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XIII, p. 833 (année 1895).
(3) $C_2$ et $C_3$, *Liebig's Annalen*, etc., t. CCIII, p. 14 (1880).
(4) $C_2$, *Journal of the Chemical Society*, t. XXXVII, p. 188.
(5) *Liebig's Annalen*, etc., t. CLXI, p 179 (1872).
(6) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XI, p. 470 (1869).
(7) *Zeitschrift für Chemie*, année 1866, p. 501.
(8) *Loc. cit.*, pp. 20 et 24.
(9) *Loc. cit.*, p. 833.

On remarquera qu'il existe dans cette triade des différences sensiblement de même ordre que celles que l'on constate dans la série des dérivés normaux ; seulement ces différences sont renversées. C'est entre le terme *impair* $C_5$ et le terme supérieur *pair* $C_6$ qu'existe la différence maximum, 28° environ, tandis qu'entre le terme *pair* $C_4$ et le terme *impair* supérieur $C_5$ existe la différence minimum, 22°. Il suit de là que dans ces chlorures *iso*, ce qu'il y a à considérer surtout, c'est la chaîne carbonée la plus longue $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - (CH_2)_n - COCl$ ; le groupement $-CH_3$ accroché au chaînon $-CH_2-$ ne fait qu'élever le point d'ébullition du composé normal correspondant :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C_3$ | $CH_3 - CH_2 - COCl$ | Éb. 78°-80° | 12° à 14° |
| $C_4$ | $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{\vert}}{CH} - COCl$ | 92° | |
| $C_5$ | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - COCl$ | 100°-101° | 12° à 14° |
| $C_6$ | $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{\vert}}{CH} - CH_2 - COCl$ | 113°-114° | |
| $C_6$ | $CH_3 - CH_2 - (CH_2)_2 - COCl$ | 127°-128° | 13° à 15° |
| $C_7$ | $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{\vert}}{CH} - (CH_2)_2 - COCl$ | 141°-142° | |

On voit que la concordance est parfaite.

## APPENDICE.

Je dois revenir sur quelques-uns de ces composés d'une manière spéciale.

*Chlorure de capryle* $C_7H_{15}$ - COCl.

Ce composé a été préparé pour la première fois par MM. Krafft et König en 1890 (*).

La description qu'en donnent ces auteurs est des plus sommaires; ils en indiquent le point d'ébullition, 83° sous la pression de 15 millimètres.

J'ai dû le faire préparer afin d'en fixer le point d'ébullition sous la pression ordinaire.

On l'a obtenu en faisant agir le trichlorure de phosphore sur l'acide caprylique (**) dans la proportion de deux molécules de chlorure pour *trois* d'acide.

Les deux corps se mélangent en se dissolvant mutuellement, mais la réaction ne s'établit pas à froid. Il faut chauffer au bain d'eau pendant quelque temps. Il se dégage paisiblement de l'acide HCl.

$$3[C_7H_{15}-CO(OH)] + 2PCl_3 = 3(C_7H_{15}-COCl) + P_2O_5 + 3HCl.$$

Le chlorure acide forme une couche liquide au-dessus

(*) *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft zu Berlin*, t. XXIII, p. 2384.

(**) Cet acide caprylique m'a été fourni par la maison Kahlbaum.

de l'acide phosphoreux formé; on la décante et on la soumet à une ou deux rectifications.

Le *chlorure de capryle* $CH_3 - (CH_2)_6 - COCl$ constitue un liquide incolore, mobile, d'une odeur très forte, désagréable.

Sa densité à 8° est égale à 0.973. Il bout sous la pression de 756 millimètres à 194°-195°.

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 5.83.

| | |
|---|---|
| Substance . . . . . | 0gr,0302 |
| Pression barométrique . . . | 755mm |
| Mercure soulevé . . . . . | 672mm |
| Tension de la vapeur . . . | 83mm |
| Volume de la vapeur . . . | 60cc,5 |
| Température. . . . . | 185° |

La densité calculée est 5.74. Ce corps présente les propriétés ordinaires de cette classe de composés.

Son analyse a fourni les résultats suivants :

| | Substance. | AgCl. | Cl °/₀. | Calculé. |
|---|---|---|---|---|
| I. . . | 0gr,2712 | 0gr,2428 | 22.15 | 21.85 |
| II. . . | 0gr,1218 | 0gr,1041 | 21.25 | |

*Chlorure de pélargonyle* $C_8H_{17} - COCl$.

Ce corps est ancien; il remonte à 1850. On le trouve signalé dans une lettre de M. Cahours à M. Hoffmann (*).

M. Cahours l'a obtenu en faisant agir le pentachlorure de phosphore sur l'acide pélargonique, produit de l'oxydation de l'huile essentielle de *rue* par l'acide nitrique.

(*) *The Quarterly Journal of the Chemical Society*, t. III, p. 240 (année 1850).

La description qu'il en donne est des plus sommaires; toutefois, il en fixe le point d'ébullition à 220°.

Il m'a paru utile de revenir sur ce composé afin d'en mieux connaître les propriétés et surtout d'en contrôler le point d'ébullition.

Il a été préparé par l'action du trichlorure de phosphore sur l'acide pélargonique (*), suivant les proportions précédemment indiquées. La réaction ne s'établit pas à froid. Il faut chauffer au bain d'eau. Même dans ces conditions, la réaction est lente et paisible. Le chlorure forme au-dessus d'une masse poisseuse d'acide phosphoreux une couche liquide. Celle-ci est soumise seule à la distillation qui l'amène, après une ou deux rectifications au plus, à l'état de pureté.

Le *chlorure de pélargonyle* présente les propriétés ordinaires de cette classe de corps. C'est un liquide incolore, mobile, d'une forte odeur *sui generis*. Sa densité à 8° est égale à 0.998, sensiblement celle de l'eau.

Il bout, sans décomposition, sous la pression de 749 millimètres à 220°, comme l'a indiqué M. Cahours.

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 6.07.

| | |
|---|---|
| Substance . . . . . | 0gr,0273 |
| Pression barométrique . . . | 752mm |
| Mercure soulevé . . . . . | 677mm |
| Tension de la vapeur . . . | 75mm |
| Volume de la vapeur . . . | 58cc,5 |
| Température . . . . . | 185° |

(*) Cet acide pélargonique m'a été fourni par la maison Kahlbaum, dans un grand état de pureté. Il provenait de l'action de la potasse caustique sur l'*acide undécylénique* selon la méthode de Krafft. (*Bulletin de la Société chimique de Berlin*, t. XV, p. 1691.)

La densité calculée est 6.03.

L'analyse de ce composé a fourni les résultats suivants :

| | Substance. | AgCl. | Cl °/o. | Calculé. |
|---|---|---|---|---|
| I. . . | 0gr,1051 | 0gr,0855 | 20.15 | 20.11 |
| II. . . | 0gr,2141 | 0gr,1735 | 20.04 | |

Je tiens à dire en terminant que je dois ces constatations expérimentales à mon habile et zélé préparateur, M. Auguste De Wael.

—

*Sur l'unité d'origine du bleu de l'eau;* par W. Spring, membre de l'Académie.

On le sait, plusieurs physiciens ont regardé la couleur bleue des mers et de certains lacs comme n'appartenant pas en propre à l'eau, mais comme étant produite par la réflexion de la lumière du jour sur des particules invisibles que l'eau tient toujours en suspension. Le point de départ de cette manière de voir se trouvait dans la théorie alors admise sur l'*origine du bleu du ciel*. L'atmosphère passant pour *incolore*, il avait été nécessaire de chercher, en dehors des phénomènes d'absorption caractéristiques des substances colorées, une cause à la coloration du firmament. On a cru trouver celle-ci dans une *réflexion sélective* des ondes *bleues* de la lumière blanche sur des particules extrêmement petites dont on admettait l'existence dans l'air.

J'ai montré, dans un travail récent (1), que cette

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXXVI, p. 504; 1898.

théorie, tout irréprochable qu'elle soit au point de vue mathématique, ne se vérifie cependant pas par l'observation.

Le problème de la couleur des eaux a eu une *genèse* semblable. L'observation journalière des masses d'eau peu considérables nécessaires à nos besoins nous a aussi d'abord fait regarder ce liquide comme le type d'une substance incolore ; on a été naturellement porté à attribuer la coloration des mers et des lacs à des phénomènes d'interférence ou de réflexion spéciale. Bien que H. Davy et, après lui, Bunsen eussent fait voir que l'eau pure n'est pas absolument incolore, divers savants, notamment Hagenbach, Tyndall, Soret, ont regardé la couleur des eaux comme ayant, en tout ou en partie, une origine semblable au bleu du ciel ; elle devait être le résultat de la réflexion de la lumière du jour sur des particules suspendues dans l'eau, de dimensions trop petites pour renvoyer les rayons de grande longueur d'onde. Comme *preuve* à l'appui, on a signalé le fait que la lumière renvoyée par les couches de dessous la surface des eaux était polarisée comme la lumière du ciel. On oubliait cependant que le phénomène de la polarisation ne prouvait pas nécessairement que la lumière réfléchie fût *bleue*.

Devant la divergence des idées qui régnaient alors sur l'origine de la couleur des eaux, j'ai désiré me renseigner par des expériences nouvelles sur la valeur de l'une et de l'autre théorie. Mes observations firent voir (1) que

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. V, pp. 55-84 ; 1883, et t. XII, pp. 814-857 ; 1886.

l'eau est véritablement bleue par elle-même et que les fines particules qu'elle tient en suspension, tout en contribuant principalement à son *illumination*, n'ont cependant qu'une influence inappréciable, sinon nulle, sur l'intensité du bleu ; toutefois ces particules peuvent être la cause des tons verts plus ou moins prononcés, observés dans certaines eaux de la nature, parce que la lumière qui traverse un milieu trouble devient plus ou moins *jaune-brun*. Cette coloration associée au bleu de l'eau donne le *vert*.

Mes recherches avaient ainsi confirmé une opinion déjà émise par L. Soret (1) en 1869, mais qui m'avait échappé. Elle se trouvait *en note* au bas de la page 1169 du travail de ce savant, sur l'*Illumination des corps transparents;* je me fais un devoir de la reproduire : « Quant » à la couleur de l'eau..., dit Soret, je suis arrivé à » croire que ces particules en suspension n'ont qu'une » influence secondaire : elles modifient bien d'une » manière importante l'apparence et la teinte de l'eau, » mais on ne peut leur attribuer l'origine même de la » coloration bleue. »

Pourtant, ni les travaux de Soret ni les miens ne paraissent avoir éclairé suffisamment le rôle des particules en suspension pour rallier l'opinion générale. Dans un article récent sur la couleur des mers et des lacs (2), M. le professeur Abegg dit explicitement que ceux-ci sont bleus par suite du concours de deux causes différentes; d'abord parce que l'eau est bleue et ensuite

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXIX, pp. 1192-1196; 1869.
(2) *Naturwissenschaftl. Rundschau*, t. XIII, p. 169; 1898.

parce que la réflexion de la lumière sur les particules suspendues doit produire le *bleu*. M. Abegg ne fournit pas de preuves nouvelles à l'appui de son affirmation ; il se réfère aux travaux de Tyndall et de lord Rayleigh sur l'origine du bleu du ciel, en ajoutant que si l'on reporte la théorie des savants anglais *à l'eau*, il s'ensuit nécessairement que, même sans la couleur propre de ce liquide, l'eau limpide devrait être bleue. Cette déduction serait même démontrée physiquement, selon lui, parce que L. Soret et Hagenbach ont constaté la *polarisation* de la lumière de l'eau de certains lacs. A mon avis, M. Abegg va trop loin dans sa conclusion. Les observations des physiciens suisses prouvent incontestablement que la lumière émanant de l'eau est de la lumière réfléchie, mais en aucune façon que la réflexion ait pour conséquence l'*extinction* de la partie complémentaire du bleu de l'eau. Comme je l'ai fait d'ailleurs moi-même dans mon premier article sur ce sujet, M. Abegg met trop d'absolu dans l'opinion qu'il attribue à Soret. L'éminent physicien de Genève n'a pas prétendu, nous l'avons vu plus haut, que la *réflexion* de la lumière sur les particules suspendues dans l'eau produisît un effet d'importance semblable à la coloration due à l'*absorption*. Soret s'est, au surplus, expliqué à nouveau sur ce point en 1884 (1).

Quoi qu'il en soit, M. Abegg regarde la théorie de la *réflexion* comme aussi certaine et aussi irréfutable que la théorie de l'*absorption* (*ebenso sicher richtig und unwiederleglich*), et il admet que la couleur bleue de l'eau doit

(1) *Archives des sciences phys. et nat.*, (3), t. XI, pp. 276-296; 1884.

nécessairement avoir une double origine. On le voit, M. Abegg replace la théorie de la couleur des eaux au point où elle était avant mes premières expériences en ce qui concerne le *bleu* (1). Il est donc bien naturel que j'aie tenu à vérifier si mes observations étaient véritablement sans portée et si la *réflexion* de la lumière intervenait d'une manière *certaine et irréfutable* dans la production de la couleur bleue.

Ce sont les expériences que j'ai instituées à ce sujet que je désire faire connaître à présent. On verra qu'elles confirment mes conclusions antérieures en établissant l'unité d'origine du bleu de l'eau.

*
* *

Le but à atteindre dans ces expériences était la connaissance pratique, et non théorique, des propriétés optiques des particules qui forment le trouble invisible des eaux limpides.

---

(1) Le Prof^r Abegg explique l'apparition des tons verts de certaines eaux par ce fait que la lumière pénétrerait moins profondément dans les eaux vertes, plus troubles, et qu'elle ne pourrait pas perdre alors, par absorption, une proportion suffisante de ses rayons à grande longueur d'onde. Cette explication ne se vérifie pas par l'expérience. J'ai montré, devant le *Cinquième Congrès international d'hydrologie, de géologie et de climatologie,* tenu à Liége en septembre dernier, que la teinte *bleue* de l'eau ne vire jamais au *vert* quand on diminue la longueur de la course de la lumière. Je reviendrai du reste sur ce point dans un article spécial.

Je reconnais volontiers avec les mathématiciens que des particules dont les dimensions sont de l'ordre de grandeur des ondes lumineuses, pourront mieux réfléchir les ondes courtes; mais il n'est pas démontré que les particules suspendues dans les eaux remplissent nécessairement les conditions supposées. Si Tyndall a vu de la lumière *bleue* en éclairant un mélange de vapeurs de certains éthers nitreux et d'acide chlorhydrique, il n'est pas certain que ce bleu fût dû à une *simple réflexion*, car il n'a duré que *le temps de la réaction chimique provoquée par la lumière*. Et les conclusions de Tyndall fussent-elles même exactes, l'assimilation du trouble des eaux à un *nuage naissant* resterait gratuite aussi longtemps qu'une vérification ne serait pas intervenue.

J'ai donc monté une lanterne de Duboscq, à éclairage électrique puissant, pour produire l'irradiation du *trouble* de l'eau d'après le procédé de Tyndall et le rendre visible de cette façon. La lampe était alimentée par un courant de 12 ampères et 110 volts et placée au foyer des lentilles de la lanterne, de manière à produire autant que possible un faisceau de rayons lumineux parallèles.

Au-devant de l'objectif, j'ai disposé un tube en verre de $1^m,20$ de long et $0^m,07$ de diamètre intérieur, fermé par des plans minces de cristal.

Ce tube a été rempli d'eau distillée parfaitement limpide à la lumière du jour, ou bien, pour varier, d'eau alimentaire de la ville de Liége, également limpide.

Jamais ces eaux ne se sont montrées *optiquement vides* : dans chacune, le faisceau lumineux était visible dans toute la longueur du tube et, chose curieuse, l'eau distillée du laboratoire rendait le faisceau *plus visible* que l'eau

alimentaire. Elle donnait, pour ainsi dire, une traînée *estompée* continue, tandis que la dernière en montrait une moins *opaque*, moins *nourrie* et partant malaisée à découvrir. L'eau distillée est donc moins propre que l'eau alimentaire (1).

J'ai rempli aussi le tube d'eau de pluie, clarifiée par le repos, en vue d'opérer sur un liquide ayant pu se charger plus abondamment encore des poussières de l'air que l'eau distillée. Le faisceau lumineux s'est montré, comme je le présumais, avec plus d'évidence que dans l'eau distillée.

Dans chacun de ces liquides, la traînée lumineuse était *blanc laiteux* plus ou moins visible, mais elle n'a fait voir aucun ton rappelant le bleu de l'eau ou le bleu du ciel. Tyndall disait à propos de l'illumination de ses *nuages naissants* que son tube « reproduisait un coin du ciel » ; ici, rien ne rappelait l'azur de l'eau, même dans sa plus grande atténuation.

Ce point étant acquis par des observations répétées, j'ai interposé entre le tube et la source lumineuse une auge chargée d'une solution de fuchsine, concentrée au point de ne laisser passer que la région rouge de la partie visible du spectre solaire. Le liquide se trouvait donc éclairé exclusivement par de la lumière rouge. Dans ces conditions, *la traînée lumineuse a apparu rouge*, sans que sa *visibilité* en fût atteinte en rien.

Étant donné que les substances *fluorescentes* trans-

---

(1) Je montrerai à quelle circonstance ce fait est dû, dans une note sur la préparation des liquides optiquement vides, qui fera suite à cet article.

forment les ondes lumineuses incidentes en ondes *plus longues* et non plus courtes, cette expérience prouve que la *traînée* n'était pas due à la *fluorescence*, sinon elle aurait dû devenir invisible ou prendre un ton en rapport avec les rayons très réfrangibles que laisse encore passer la fuchsine. Cette conclusion se base sur ce qu'une solution de sulfate de quinine, convenablement étendue, a persisté dans sa fluorescence *bleue* dans la lumière électrique, malgré l'interposition de la fuchsine.

Dans d'autres expériences, j'ai placé sur le passage de la lumière incidente une solution alcoolique *jaune* d'acide picrique, qui éteignait *complètement* l'extrémité violette du spectre et ne laissait passer que le rouge, l'orange, le jaune et le vert, avec une frange insignifiante de bleu. La traînée lumineuse des eaux s'est montrée aussi intense, mais elle était *jaune*. Soit dit comme contrôle, cette lumière jaune de l'acide picrique éteignait absolument la fluorescence du sulfate de quinine.

Enfin, j'ai éclairé les eaux avec une lumière *verte* obtenue par interposition d'une solution concentrée de chlorure de nickel, puis avec une lumière bleue d'un verre coloré au cobalt ou d'une solution d'hydrate cuivrique dans l'ammoniaque. Le résultat a été constamment le même : dans la lumière verte le faisceau lumineux était *vert* et dans la lumière bleue il est devenu *bleu* sans variation d'intensité.

*
* *

Il résulte à toute évidence de ces observations, me paraît-il, que les particules auxquelles l'eau limpide, distillée ou naturelle, doit son illumination, ont la pro-

priété de réfléchir, avec une égale facilité, les ondes rouges, jaunes, vertes, bleues, et qu'elles ne peuvent dès lors causer la coloration *bleue* de l'eau. Elles nous renvoient la lumière du jour sans altération chromatique. Les spéculations des mathématiciens sur la génération de la lumière bleue ne se vérifient donc pas plus par l'expérience en ce qui concerne l'eau qu'elles ne se vérifient pour l'origine du bleu du ciel. Il est entendu toutefois que les observations présentes n'infirment en rien les calculs de physique mathématique; mais elles prouvent que les conditions matérielles admises par les théoriciens ne sont pas réalisées dans la nature et que, par suite, les déductions tirées de ces conditions doivent demeurer sans emploi pratique.

En résumé, il m'est permis de regarder mes recherches antérieures comme ayant reçu une nouvelle confirmation : l'eau est *bleue par elle-même* et les particules qu'elle tient en suspension causent principalement son illumination ; selon leur nature, elles déterminent aussi les modifications de la couleur de fond et produisent les tons verdâtres lorsqu'elles n'ont pas pour effet de supprimer toute coloration visible, ainsi que je l'ai montré récemment.

Liége, Institut de chimie générale,
janvier 1899.

—

*Hérédité d'un caractère acquis chez un Champignon pluricellulaire, d'après les expériences de M. le Dr Hunger, faites à l'Institut botanique de Bruxelles;* par L. Errera, membre de l'Académie.

Admise par Lamarck comme le facteur principal de l'évolution des organismes, acceptée par Darwin comme un mode accessoire auprès de la sélection naturelle, la transmission héréditaire des caractères acquis est, on le sait, rejetée d'une manière complète par Weismann et par ceux qui forment, avec lui, ce que l'on a appelé l'école néo-darwinienne.

Il est inutile d'insister sur l'importance de ce problème qui touche non seulement à la genèse des espèces, mais encore, par la question de l'influence de l'exercice, à toute l'éducation, et, par celle de l'influence des milieux, à toute l'hygiène.

## I.

La théorie de Weismann (1) repose, en dernière analyse, sur la différence entre les cellules reproductrices et les autres cellules corporelles : celles-là forment le

(1) Les citations se réfèreront presque exclusivement à la collection, publiée en anglais, des principaux travaux de Weismann sur l'hérédité, savoir : *Essays upon Heredity and kindred biological problems,* Oxford, 1889; — *Id.,* vol. II, Oxford, 1892; — *The Germplasm,* Londres, 1893.

substratum immortel de l'espèce, celles-ci n'en sont que l'incarnation éphémère; les variations de celles-là se transmettraient aux descendants, les modifications de celles-ci ne survivraient pas à l'individu.

Une telle distinction est relativement facile chez les animaux supérieurs; elle l'est moins chez les animaux inférieurs; moins encore chez beaucoup de plantes : de Vries en a déjà fait la remarque. Aussi n'est-il pas étonnant que ce soit parmi les botanistes que les idées de Weismann ont rencontré l'opposition la plus tenace (1).

Du reste, Weismann admet lui-même, dans ses écrits plus récents, certains tempéraments à cette antithèse entre les deux sortes de cellules : les « germinatives » (reproductrices) et les « somatiques » (corporelles). Lors de la division de l'œuf, dit-il, l'*idioplasme germinatif* ne se transforme pas tout entier en *idioplasme somatique* : « une très petite portion demeure inaltérée et est transmise à l'une ou à l'autre des cellules-filles, mélangée à l'idioplasme de son noyau, mais inactive, pour traverser de la même manière une série plus ou moins longue de cellules, jusqu'à ce que cette portion arrive enfin aux cellules auxquelles elle imprime le caractère de cellules reproductrices et où elle redevient active (2) ».

---

(1) Outre DE VRIES, *Intracellulare Pangenesis*, Jena, 1889, on peut citer : VINES, *Lectures on the Physiology of Plants*, Cambridge, 1886, pp. 660 sqq.; ID., *Nature*, 24 octobre 1889, pp. 621 sqq.; DETMER, *Pflüger's Archiv*, Bd XLI, 1887, p. 203; HOFFMANN, *Biolog. Centralbl.*, VII, 1er janvier 1888; KLEBS, *Ueber das Verhältniss des männlichen und weiblichen Geschlechts in der Natur*, Jena, 1894, pp. 29-30; PFEFFER, *Pflanzenphysiologie*, 2e édit., I, 1897, p. 49.

(2) WEISMANN, *Tages-Probleme* (BIOLOG. CENTRALBL., 1er mars 1890, p. 11); ou *Essays*, vol. II, 1892, p. 84.

Cette notion permet d'expliquer que les cellules destinées à former plus tard, directement ou indirectement, des cellules reproductrices, participent déjà aux propriétés de celles-ci; mais il n'en reste pas moins difficile de comprendre que des cellules absolument étrangères à la reproduction dans le cours normal des choses, puissent, en cas de besoin, donner naissance à un nouvel individu. Or, c'est ce qu'il est aisé d'observer, aussi bien chez les Phanérogames que chez les Mousses, les Champignons et d'autres plantes inférieures. Tel est le cas, par exemple, pour les cellules de beaucoup de feuilles adultes (*Hyacinthus*, *Begonia*, etc., etc.) (1), pour les boutures de racines, etc. Vöchting, à qui nous devons tant d'expériences intéressantes sur cette matière, résume ses recherches en disant (2) que tout fragment, même fort petit, de racine, de tige ou de feuille peut, dans des conditions convenables, reconstituer la plante. Et l'inverse se présente aussi : des cellules reproductrices asexuelles ou même sexuelles peuvent être forcées expérimentalement à reprendre la vie végétative et à redevenir simplement somatiques (3).

La conclusion paraît évidente : chez un très grand nombre de végétaux, la différence entre les cellules somatiques et reproductrices est loin d'être absolue (4). Croissance,

---

(1) Beijerinck, *Over het ontstaan van knoppen en wortels uit bladen* (Nederl. kruidk. Archief, 2, III, 1882, p. 452).

(2) Vöchting, *Ueber Organbildung im Pflanzenreich*, I, 1878, p. 251.

(3) Voir, par exemple, les expériences de Klebs, *Die Bedingungen der Fortpflanzung, etc.*, 1896, p. 247 et passim.

(4) Cf., pour le règne animal, O. Hertwig, *Zeit- und Streitfragen der Biologie*, I. *Präformation oder Epigenese*, 1894, p. 79.

propagation végétative, reproduction asexuelle, reproduction sexuelle sont des phénomènes qui se rattachent intimement l'un à l'autre.

## II.

Chez les organismes unicellulaires, la même cellule remplissant toutes les fonctions est à la fois « somatique » et « reproductrice ». Lorsqu'elle se divise en deux, les modifications qu'elle a subies pourront naturellement se transmettre aux deux individus ainsi constitués. Nous possédons aujourd'hui plusieurs exemples certains de cette sorte d'hérédité chez des êtres unicellulaires : je me borne à en rappeler quelques-uns.

Après les travaux mémorables de Pasteur sur l'atténuation expérimentale de la virulence chez le Bacille du charbon et chez celui du choléra des poules, on réussit à modifier, soit temporairement, soit définitivement, un grand nombre de micro-organismes. Par la culture à haute température (42-43°), le *Bacillus Anthracis* perd peu à peu sa virulence et ne forme plus de spores ; de ces deux changements, le premier se conserve assez fidèlement lorsque le Bacille est maintenant ensemencé à une température plus favorable (30°), le second ne persiste pas (1). Mais on peut le rendre permanent en cultivant le Bacille, comme l'ont fait Chamberland et

---

(1) Pasteur, Chamberland et Roux, *Comptes rendus*, t. XCII, 1881, p. 429. — Voir aussi Phisalix, *Comptes rendus*, t. CXIV, 1892, p. 684, et t. CXV, 1892, p. 253.

Roux (1), en présence de petites quantités d'acide phénique ou de bichromate de potasse : il reste désormais « asporogène », même dans les conditions de culture les plus favorables à la production des spores. Quelques années plus tard, en 1887, Schottelius (2) montre qu'une quinzaine de cultures successives à 38-39° font perdre, d'une façon presque générale, au *Micrococcus prodigiosus* la faculté de fabriquer sa matière colorante rouge; et Kossiakoff (3) établit, la même année, qu'on peut accoutumer héréditairement divers microbes à supporter des doses croissantes d'antiseptiques. Puis viennent les recherches de Wasserzug : suppression héréditaire de la fonction chromogène chez le *Bacillus pyocyaneus*, sous l'influence combinée du temps et d'antiseptiques faibles (4); résultat semblable pour le *Micrococcus prodigiosus* (5); passage durable, chez ce dernier microbe, en

---

(1) Chamberland et Roux, *Comptes rendus*, t. XCVI, 1883, p. 1088; Roux, *Bactéridie charbonneuse asporogène* (Annales de l'Institut Pasteur, t. IV, 1890. p. 25). — En contestant qu'il s'agisse ici d'une race nouvelle, asporogène, Alfred Fischer [*Untersuchungen über Bakterien* (Pringsheim's Jahrb., XXVII, 1894. pp. 58-60) et *Vorlesungen über Bakterien*, 1897, p. 27] n'a pas assez tenu compte de la différence entre l'effet d'une haute température et celui d'un antiseptique sur le *Bacillus Anthracis* : celui-là est passager, mais celui-ci est durable.

(2) Schottelius, *Biologische Untersuchungen über den* Micrococcus prodigiosus (Festschrift für A von Kölliker, Leipzig, 1887).

(3) Kossiakoff, *De la propriété que possèdent les microbes de s'accommoder aux milieux antiseptiques* (Annales de l'Institut Pasteur, t. I, octobre 1887, p. 465).

(4) Wasserzug, *Sur la formation de la matière colorante chez le* Bacillus pyocyaneus (Annales de l'Institut Pasteur, t. I, décembre 1887, p. 590).

(5) Id., *Variations de forme chez les Bactéries* (Ibid., t. II, 1888, p. 79).

quelques cultures, de la forme microcoque à la forme bacillaire, par l'effet d'un chauffage intermittent à 50° et d'un milieu acide; constatations analogues pour le Bacille du lait bleu (*Bacillus cyanogenus*) et pour un Bacille vert, tandis que le Bacille du charbon, dans les mêmes conditions, forme, au contraire, des bâtonnets courts, pareils à ceux qu'on observe dans le sang charbonneux (1).

L'influence durable de la lumière sur la fonction chromogène a été mise en évidence par Laurent (2), après qu'Arloing (3) eut montré l'action atténuatrice qu'elle exerce sur la virulence du Bacille du charbon. D'après Laurent, les cultures du *Micrococcus prodigiosus* et du Bacille rouge de Kiel se décolorent quand on les expose à la radiation solaire; cette modification, passagère chez le premier, est permanente chez le second, du moins dans certaines conditions.

Il y a lieu de citer encore, dans cette énumération très incomplète, les recherches de Gessard, qui obtient, par l'influence des milieux, quatre races du *Bacillus pyocyaneus* : l'une produisant le pigment bleu (pyocyanine) seul, l'autre le pigment vert fluorescent seul, la troisième donnant à la fois pyocyanine et fluorescence, et la quatrième ne donnant ni pyocyanine ni fluorescence (4); résultats bientôt étendus par l'auteur au microbe du lait

---

(1) WASSERZUG, *Variations durables de la forme et de la fonction chez les Bactéries* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t. II, 1888, p. 155).

(2) ÉM. LAURENT, *Étude sur la variabilité du Bacille rouge de Kiel* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t. IV, 1890, p. 465).

(3) ARLOING, *Archives de physiologie*, 1886, p. 232.

(4) GESSARD, *Des races du Bacille pyocyanique* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t. V, 1891, p. 70).

bleu (1). Enfin, l'on sait que tout récemment Vincent, pour le règne animal, Laurent, pour les plantes, ont démontré que l'on peut, par une « éducation » convenable, rendre pathogènes des microbes tout à fait inoffensifs (2) : c'est précisément la contre-partie de l'atténuation des virus.

Les Bactéries ne sont pas seules, parmi les êtres unicellulaires, à présenter de ces modifications acquises qui deviennent héréditaires; les Levures et même des cellules isolées appartenant à des animaux supérieurs, telles que les leucocytes, en offrent aussi des exemples.

Pour les Levures (*Saccharomyces*), nous savons notamment par les expériences de Laurent, exécutées en partie dans mon laboratoire, que ces Champignons peuvent être héréditairement accoutumés à des doses croissantes, soit d'alcool, soit de matières salines (3). De même, les leucocytes des animaux immunisés — comme il résulte des recherches de Massart, faites aussi en partie à l'Institut botanique de Bruxelles — transmettent à leurs descendants les propriétés qu'ils ont acquises (4).

---

(1) GESSARD, *Fonctions et races du Bacille cyanogène* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t. V, 1891, p. 741).

(2) VINCENT, *Sur les aptitudes pathogènes des microbes saprophytes* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t XII, décembre 1898). — LAURENT, *Recherches expérimentales sur les maladies des plantes* (IBID., t. XIII, janvier 1899).

(3) LAURENT, *Recherches physiologiques sur les Levures* (MÉM. DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE MICROSCOPIE, t. XIV, 1890, pp. 77, 87).

(4) MASSART, *Le chimiotaxisme des leucocytes et l'immunité* (ANN. DE L'INSTITUT PASTEUR, t. VI, 1892, p. 324). — Voir aussi Mlle ÉVERARD, DEMOOR et MASSART, *Sur les modifications des leucocytes dans l'infection et dans l'immunisation* (IBID., t. VII, 1893, p. 184).

## III.

Plusieurs des organismes dont nous venons de parler sont des êtres *aspores* par nature ou rendus *asporogènes* par culture : ils ne forment pas autre chose que des cellules végétatives. Cette absence de spores caractérisées, que l'on constate chez bon nombre d'unicellulaires, se présente également, soit d'une façon permanente (*Oscillaria*, etc.), soit à certains états de développement (*Sclerotinia*, etc.), chez divers végétaux pluricellulaires; ici encore, il n'y a aucune difficulté à admettre la transmission des propriétés acquises, et l'accroissement graduel de la virulence dans les mycéliums de *Sclerotinia* en offre un bon exemple (1).

Mais il ne faudrait pas croire que la formation de spores soit un obstacle à une telle transmission. Ainsi, le *Bacillus mesentericus vulgatus*, rendu peu à peu virulent, transmet sa virulence par ses spores (2). Néanmoins, comme dans ces organismes peu différenciés ce sont les mêmes cellules qui, après avoir été purement végétatives, deviennent reproductrices et prennent les caractères de spores, ces faits seraient sans doute récusés par Weismann et ses partisans.

---

(1) Laurent, *Recherches expérimentales sur les maladies des plantes* (Annales de l'Institut Pasteur, t. XIII, 1899, p. 43).

(2) Vincent, *loc. cit.*, p. 793.

## IV.

Il importe donc d'examiner ce qui a lieu pour des organismes différenciés, *sporifères* (1), chez lesquels il y a des cellules reproductrices et des cellules corporelles parfaitement distinctes.

Il convient aussi de bien s'entendre sur le sens de l'expression : *caractères acquis*. Avec Weismann, je ne désigne par là que les caractères *imposés* par les facteurs externes ou, comme il le dit, « les caractères qui ne sont pas préformés dans le germe, mais qui proviennent d'influences spéciales affectant le corps ou certaines de ses parties (2) ».

Je me trouve, par conséquent, d'accord avec l'éminent naturaliste de Fribourg-en-Brisgau pour ne point faire rentrer dans cette catégorie les variations qui se produisent, à la longue, sous l'action *indirecte* des conditions ambiantes. Ainsi, lorsque les plantes, après plusieurs générations de culture sous des conditions nouvelles, se mettent à varier en tous sens dans leurs semis, ces variations, partiellement héréditaires, ne sont pas un effet direct du milieu sur le végétal, mais un résultat secondaire, indirect, du changement éprouvé par les cellules reproductrices ; ce ne sont point des caractères acquis, au sens véritable du mot.

---

(1) Les termes : *Aspores, Sporifères,* d'après mon *Sommaire du Cours de botanique,* 1898, p. 34.

(2) Weismann, *Germ-plasm,* 1893, p. 392.

Nous voici maintenant en mesure de formuler nettement le problème :

*Une modification acquise par les cellules corporelles d'un être différencié peut-elle retentir sur les cellules reproductrices de telle manière qu'elle se transmette d'une façon plus ou moins complète, par celles-ci, à la génération suivante?*

Cette transmission ne se fait certainement pas dans tous les cas, et Weismann a eu l'incontestable mérite de montrer que la plupart des exemples qu'on croyait pouvoir en citer ne résistent pas à un examen critique. Non seulement il n'a laissé debout aucune des prétendues preuves de l'hérédité des blessures et mutilations (1), mais il assure qu'il n'existe aucun fait établissant la transmission d'une modification acquise quelconque. Des trois sortes de modifications que le corps peut subir, d'après lui : les blessures, les variations fonctionnelles et celles qui dépendent des influences du milieu, — aucune ne se communique aux cellules reproductrices et ne devient transmissible (2).

Il va plus loin : il ne se contente pas de regarder une telle transmission comme non prouvée, il la déclare *a priori* invraisemblable et même impossible (3). C'est beaucoup dire. Car Weismann admet que le milieu peut provoquer des variations dans les cellules reproductrices et que ces variations-là se transmettent — et même, selon lui, se transmettent seules — héréditairement. Or, il est clair que le mot *milieu* doit être pris ici dans son sens le plus large; on ne voit donc pas pourquoi les cellules

(1) Weismann, *Essays*, I, 1889, p. 419.
(2) Id., *Germ-plasm*, pp. 392-393, 395.
(3) Id., *Essays*, I, pp. 80, 387; Id., *Germ-plasm*, pp. 392-393.

corporelles, qui font assurément partie du milieu (lato sensu) pour les cellules reproductrices, ne pourraient point, par leurs modifications, en amener également dans celles-ci.

Mais, répond Weismann (1), combien il est improbable que le changement invisible provoqué dans le plasma germinatif par une altération des cellules somatiques, soit précisément celui qui convienne pour faire réapparaître la même altération des cellules somatiques dans la génération suivante !

En vérité, au moins dans certains cas, cela n'est pas aussi invraisemblable qu'on peut le croire d'abord. S'agit-il, par exemple, d'un ensemble de modifications présentées par les cellules corporelles en réponse à de nouvelles conditions de température, de pression, de milieu nutritif, etc., on conçoit sans trop de peine, à ce qu'il me paraît, que le *soma* ainsi modifié donne en quelque sorte son empreinte aux germes qu'il va produire, et que ceux-ci, à leur tour, transmettent cette empreinte, en tout ou en partie, à la génération suivante.

## V.

Connaît-on des cas de ce genre? Jusqu'ici, assurément, pas beaucoup.

Le *Lotus corniculatus crassifolius*, forme xérophile, à feuilles charnues, que l'on trouve dans nos dunes, semé à Bruxelles, retourne au type dès la première génération. Il en est de même pour le *Matricaria maritima*, qui rede-

---

(1) Weismann, *Germ-plasm*, p. 393.

vient *Matricaria inodora* dès qu'on l'a semé à Paris (1).

En revanche, il y a une certaine transmission de la précocité acquise peu à peu par les plantes dans le Nord, sur laquelle nous possédons, grâce à Schübeler, des renseignements précis. L'Orge (*Hordeum vulgare*), par exemple, à qui il faut 117 jours pour mûrir dans le midi de la Norvège (59°47′ lat. N.), par 11°,7 de température moyenne de mai à août, n'en emploie plus que 101 à 102 à Bodö (67°17′), avec une température moyenne de 9°,7 ; 98 à Strand (68°46′) et à Skibotten (69°28′), par une chaleur de 10°,8 en moyenne ; enfin, dans le Syd-Varanger, au 70° degré de latitude environ, 76 jours lui suffisent par une température moyenne de 11°. Cette accélération est due sans doute, pour la plus grande part, à la clarté continue des étés circumpolaires, et ce qu'il y a d'intéressant, c'est qu'elle se conserve pendant trois ou quatre générations, si l'on sème maintenant dans un lieu plus méridional les graines graduellement acclimatées au Nord. De l'Orge provenant d'Alten, tout au nord de la Norvège (70° lat. N.), n'a employé que 55 jours à Christiania, par une température moyenne de 14°,1, depuis le moment des semailles jusqu'à celui de la maturité complète, alors que la durée normale pour Christiania est de 85 à 90 jours (2). Il s'est donc formé, au moins temporairement, par la culture dans le Nord, une sorte de *race physiologique*, selon le mot d'Alphonse de Candolle.

---

(1) Massart, *La biologie de la végétation sur le littoral belge* (Bull. de la Soc. roy. Bot. de Belgique, t. XXXII, 1893, I, p. 40).

(2) Schübeler, *Die Pflanzenwelt Norwegens*, I, 1873, pp. 52 sqq. — Les chiffres ci-dessus sont en partie des moyennes que j'ai calculées. (*Revue de l'horticulture belge et étrangère*, 1877.)

Comme ces faits paraissent n'être pas extrêmement connus des naturalistes, il est utile d'ajouter qu'ils ont été confirmés par A. de Candolle, par Wittmack (1) et d'autres. Ce dernier a constaté, par exemple, que du Blé d'été (*Triticum vulgare ferrugineum*) provenant originairement de Stockholm et cultivé depuis deux ans seulement à Umeå, en Suède, vers le 64e parallèle, y a mûri en 90 jours en moyenne. Transporté plus au sud, à Zubikowo, en Posnanie, il n'y a mis que 91 jours à mûrir, alors qu'une variété analogue (*T. vulgare lutescens*), mais issue de graines récoltées en Allemagne, employait en cet endroit 11 jours de plus.

Parmi les données, peu nombreuses jusqu'à présent, qui indiquent clairement une transmission des caractères acquis chez des organismes pluricellulaires, nous devons mentionner encore les expériences récentes de Julien Ray (2). Elles ont porté surtout sur le *Sterigmatocystis alba*.

Les conidies de ce Champignon (provenant d'un fromage moisi), semées dans une solution de glycose, s'y développent lentement : les fructifications n'y apparaissent qu'au bout de quinze jours. Si l'on répète maintenant la culture en solution de glycose, on voit le développement s'accélérer de génération en génération, comme si l'organisme s'adaptait à ce nouveau milieu :

---

(1) A. de Candolle, *Comptes rendus*, 7 juin 1875; Id., *Sur l'existence de races physiologiques dans les espèces végétales à l'état spontané* (Arch. des sciences phys. et nat. de Genève, 15 janvier 1878). — Wittmack, *Botanische Zeitung*, 1876, p. 823; Id., *Landw. Jahrbücher*, t. V.

(2) J. Ray, *Variations des Champignons inférieurs sous l'influence du milieu* (Revue générale de botanique, t. IX, 1897, pp. 193 sqq.).

à la sixième culture, on constate déjà, après huit jours, un développement plus abondant que, tantôt, après quinze. La durée de développement décroît encore un peu pendant quelques générations et atteint alors un état stable. En même temps, les caractères morphologiques du *Sterigmatocystis* se sont progressivement modifiés, et cela, dans l'ordre suivant : le pied de l'appareil conidifère devient moins distinct, la tête renflée de cet appareil s'efface, puis les basides et les stérigmates se différencient de moins en moins; à la fin, il ne reste plus qu'un petit pinceau de chapelets de conidies insérés au sommet d'un filament dressé. L'aspect est devenu celui d'un *Penicillium*. A mesure que le *Sterigmatocystis alba* s'adapte au liquide sucré et s'y modifie, il s'est « désadapté » par rapport au milieu initial : il s'y développe moins vite que primitivement, mais, en quelques générations, les conidies peuvent être réadaptées à la croissance sur le fromage.

Pour des milieux autres que la glycose : lévulose, saccharose, amidon; carotte, pomme de terre, gélatine; solutions de sels minéraux, on arrive à des constatations pareilles. Il en est aussi de même pour d'autres espèces de *Sterigmatocystis*, d'*Aspergillus*, de *Penicillium* que Ray a étudiées d'une façon moins détaillée.

## VI.

Une observation, mentionnée en passant par Eschenhagen dans son intéressant travail relatif à l'influence des solutions concentrées sur la croissance des moisissures, m'a paru prêter à des expériences précises et, en quelque sorte, numériques : c'est l'étude que M. le Dr Hunger,

d'Amsterdam, a entreprise sur mon conseil et dont je vais indiquer les résultats.

Voici d'abord le passage d'Eschenhagen auquel je fais allusion (1) : « Il est surprenant de constater que les conidies qui, sous les conditions ordinaires, ne germent plus dans certaines concentrations, peuvent dépasser ces limites lorsque la plante-mère elle-même a été accoutumée à des solutions fortes. La raison doit sans doute en être cherchée dans une notable accumulation, à l'intérieur de ces conidies [comme dans les cellules végétatives], de substances osmotiques qui ont été capables de produire un excès suffisant de turgescence. »

*
* *

Les expériences de M. Hunger ont porté sur l'un des Champignons considérés par Eschenhagen, l'*Aspergillus niger* (= *Sterigmatocystis nigra*), dont la culture est si bien connue grâce au travail classique de Raulin (2).

Les cultures ont été faites à l'étuve Roux, à une température constante de 35° C., dans des matras Pasteur qui ne recevaient toujours que 25 centimètres cubes de liquide. Le liquide de culture était celui de l'essai-type de Raulin (3), auquel on ajoutait des quantités variables de chlorure de sodium : ce sel n'exerce aucun rôle nutritif et intervient essentiellement en augmentant le pouvoir osmotique de la solution.

---

(1) F. Eschenhagen, *Ueber den Einfluss von Lösungen verschiedener Concentration auf das Wachstum von Schimmelpilzen*, Stolp, 1889, p. 46.

(2) J. Raulin, *Études chimiques sur la végétation* (Ann. des sciences nat., Bot., 5e sér., t. II, 1870).

(3) Raulin, *op. cit.*, p. 115 du tiré à part.

Dans ce qui va suivre, les concentrations sont toujours comptées pour un *volume total* de 100 centimètres cubes, c'est-à-dire que l'expression : « solution Raulin + 10 °/₀ NaCl » signifie que l'on dissout 10 grammes de NaCl dans une quantité de liquide Raulin telle que le volume total (solution + sel) forme 100 centimètres cubes.

Il faut noter tout d'abord que l'*Aspergillus* (par suite, sans doute, du milieu alimentaire et de la température très favorables) a supporté, en général, des solutions sensiblement plus concentrées que les maxima indiqués par Eschenhagen (1). Ainsi la germination s'est encore faite dans la solution Raulin additionnée de l'une des substances suivantes :

| | |
|---|---|
| 26 °/₀ | $NaNO^3$ |
| 25 °/₀ | $KNO^3$ |
| 20 °/₀ | NaCl |
| 19 °/₀ | $CaCl^2$ |
| 120 °/₀ | glycose. |

Seulement, le début de la germination tarde d'autant plus à se produire que le liquide est plus concentré; ce point et divers autres seront exposés ultérieurement en détail par M. Hunger. Il nous suffit de savoir ici que, pour comparer l'acclimatation plus ou moins parfaite des conidies d'*Aspergillus niger* à telle ou telle solution, il faut donc tenir compte du temps au bout duquel la germination se fait.

---

(1) Il est vrai que les concentrations d'Eschenhagen (*op. cit.*, p. 7) sont en °/₀ du poids, se rapportant par conséquent à 100 grammes de solution et non à 100 centimètres cubes. Mais, même en tenant compte de cette différence, ce qui est dit ci-dessus demeure exact.

Afin de ne pas prolonger les expériences outre mesure, on a toujours pris pour terme de comparaison l'état des cultures après 5 jours ; de cette manière, les résultats se présentent avec une grande régularité. Lorsqu'on fixe ainsi un délai assez court, les limites maxima de concentration sont naturellement un peu moindres que les maxima absolus, les germinations dans les solutions les plus concentrées ne se faisant souvent qu'après 8, 10 jours et même davantage.

En second lieu, on ne doit pas oublier que, dans les solutions les plus concentrées où il germe encore, l'*Aspergillus* ne fructifie plus. Il y a un écart considérable entre la solution-limite pour sa germination et celle pour sa sporification : si l'on veut obtenir de bonnes conidies, il ne faut pas dépasser la solution Raulin + 6 °/₀ NaCl.

*
* *

Comme point de départ pour les expériences sur l'hérédité, on s'est servi de conidies d'*Aspergillus niger* de trois sortes, toutes, néanmoins, issues d'une même culture initiale :

*Conidies* A : provenant d'une culture sur solution-type de Raulin ;

*Conidies* B : provenant d'une culture ayant vécu pendant une génération sur solution Raulin + 6 °/₀ NaCl ;

*Conidies* C : provenant d'une culture ayant vécu pendant deux générations successives sur solution Raulin + 6 °/₀ NaCl.

Expérience I. — *Cultures sur solution Raulin* + 18.4 ; *id.* + 18.8 ; *id.* + 19.2 ; *id.* + 19.6 ; *id.* + 20 °/₀ NaCl.

*Conidies* A : Après 5 jours, aucune germination, sur aucun de ces liquides.

*Conidies* B : Après 5 jours, germination rare et faible, visible au microscope, sur Raulin + 18.4 °/₀.

*Conidies* C : Après 5 jours, germination générale et nette, visible à l'œil nu, sur Raulin + 18.4 °/₀.

Dans toutes les autres concentrations, les conidies ne présentent aucun changement en 5 jours.

Expérience II. — *Cultures sur solution Raulin* + 6 °/₀ NaCl.

Germination : Les trois sortes de conidies germent, mais A plus faiblement que B, et celles-ci un peu plus faiblement que C, dont la germination est la plus vigoureuse.

Sporification :

A, en 5 jours;
B, en 4 jours;
C, en 3 ³/₄ jours.

Expérience III. — *Cultures sur solution Raulin, sans addition.*

Germination : Les trois sortes de conidies germent d'une manière assez semblable, cependant A plus vigoureusement que B et C.

Sporification :

A, en 4 jours;
B et C, en 5 jours (C produit le moins de conidies).

Nous appellerons respectivement A′, B′ et C′ les conidies ainsi produites par A, B et C. On remarquera que A′, B′, C′ proviennent de plantes-mères ayant poussé dans les mêmes conditions et ne diffèrent que par le milieu où poussèrent leurs grand'mères.

Expérience IV. — *Cultures sur solution Raulin* + 18.4; *id.* + 18.8; *id.* + 19.2; *id.* + 19.6; *id.* + 20 % NaCl.

*Conidies* A' : Après 5 jours, aucune germination.

*Conidies* B' : Après 5 jours, germination très rare et faible, visible seulement au microscope, sur Raulin + 18.4 %.

*Conidies* C' : Après 5 jours, germination faible, mais visible à l'œil nu, sur Raulin + 18.4 %.

Dans toutes les autres concentrations, les conidies ne présentent aucun changement en 5 jours.

*
* *

On déduit de là que :

1° Les conidies d'*Aspergillus niger* sont adaptées à la concentration du milieu où a vécu l'individu qui les porte; cet effet est encore plus marqué après deux générations passées dans un milieu donné (Expér. I et II);

2° Il s'agit d'une véritable adaptation et non pas simplement d'un accroissement de vigueur chez les conidies provenant des liquides concentrés, car ces mêmes conidies germent moins rapidement et donnent des plantes moins vigoureuses que les conidies normales lorsqu'on les sème de nouveau sur le milieu-type : en s'adaptant aux liquides concentrés, elles se sont *désadaptées* du liquide normal (Expér. III);

3° Une génération passée sur le liquide normal n'efface pas l'influence d'une ou de deux générations antérieures passées sur un liquide plus concentré (Expér. IV).

Tous ces résultats concordent : *ils montrent une légère, mais incontestable transmission héréditaire de l'adaptation au milieu.* Nous avons ainsi la preuve de l'hérédité d'un

« caractère acquis », au sens indiqué plus haut, c'est-à-dire — pour rappeler les termes de Weismann — d'un caractère qui n'est pas préformé dans le germe, mais qui provient d'influences spéciales affectant le corps ou certaines de ses parties.

Il ne s'agit pas ici de variations quelconques, provoquées dans les cellules reproductrices qui se sentiraient en quelque sorte *dépaysées*, comme on en voit apparaître, à la longue, dans beaucoup de plantes cultivées. Non : c'est une modification bien définie et *imposée par le milieu*.

Et comme les conidies se forment dans l'air, hors du liquide de culture, ce ne peut être que par l'intermédiaire des cellules du mycélium qu'elles subissent l'influence osmotique de ce liquide (1).

On sait par d'autres expériences en quoi consiste le changement qui se produit dans les cellules mycéliennes, au contact du liquide concentré. Deux facteurs, notamment, interviennent : l'intraméabilité, c'est-à-dire la pénétration d'une certaine quantité des sels extérieurs jusque dans le suc cellulaire, et l'anatonose, c'est-à-dire la formation de substances osmotiques nouvelles par les cellules; tous deux conduisent à une augmentation du pouvoir osmotique. Mais on ne peut admettre, avec Eschenhagen, que les conidies reçoivent simplement un peu de ces substances, puisque la faculté de mieux supporter un milieu concentré persiste à travers toute une

---

(1) Au contraire, dans l'immunisation héréditaire des animaux supérieurs, il s'agit probablement d'une action du milieu sur les cellules reproductrices elles-mêmes : c'est la raison pour laquelle je laisse ce cas de côté.

génération qui a vécu dans les conditions normales : il est impossible que le léger surcroît osmotique des conidies B et C, après s'être partagé entre les milliers de cellules de la génération suivante exposées au liquide normal, se manifeste encore comme tel dans les conidies B′ et C′. C'est donc bien une aptitude physiologique acquise, à savoir : la faculté de produire, en cas de besoin, une plus forte turgescence, — qui s'est transmise héréditairement.

## VII.

Tout en concédant volontiers à Weismann qu'il n'y a pas d'exemple indiscutable d'hérédité des mutilations, et que rien, jusqu'ici, n'autorise à y croire, nous pensons avoir établi que certains autres caractères imposés au corps, directement ou indirectement, par les conditions extérieures, sont transmissibles. *Il n'est pas permis, dès lors, de nier toute transmission des caractères acquis.*

Il semble même que l'on puisse, dès à présent, entrevoir quelles modifications sont dans ce cas : *les modifications qui atteignent l'ensemble des cellules corporelles,* et non pas seulement quelques-unes de celles-ci. Car cet ensemble fait partie du *milieu ambiant* pour les cellules reproductrices, et les variations que leur impose le milieu sont héréditaires, d'après Weismann lui-même (1).

La transmission de certains changements des cellules corporelles aux cellules reproductrices n'a rien, en soi, que de très vraisemblable : le noyau n'agit-il pas, jusqu'à plusieurs millimètres de distance, par l'intermédiaire du

---

(1) Weismann, *Germ-plasm,* pp. 401, 406; Id., *Essays,* I, p. 103.

cytoplasme (1), et ne savons-nous pas que des parties de l'organisme, même fort éloignées l'une de l'autre, peuvent s'influencer mutuellement?

Bruxelles, Institut botanique de l'Université.

---

*Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme)*; par Charles Nelis.

Un fait incontestable se dégage des nombreuses recherches dont les cellules des ganglions spinaux ont fait l'objet dans ces derniers temps : c'est que la structure de ces cellules est extrêmement complexe; on ne saurait nier ce fait en présence de la grande divergence d'opinions de nombreux auteurs. D'aucuns (2) ont admis que la diversité des vues émises à ce sujet trouve sa source dans l'emploi de techniques différentes. Cet argument est de minime valeur, car des observateurs éminents, mettant en usage des méthodes identiques, sont arrivés à des conclusions divergentes; d'autres, au moyen de procédés différents, ont obtenu des résultats concordants. Nous avons de la peine à admettre cette explication; pour nous, la grande cause réside dans la complexité même du sujet d'étude, dans les difficultés que présentent l'observation

---

(1) Expériences de TOWNSEND, relatées par PFEFFER, *Ueber den Einfluss des Zellkerns auf die Bildung der Zellhaut* (BER. DER MATH.-PHYS. CLASSE DER K. SÄCHS. GES. DER WISSENSCH. ZU LEIPZIG, Sitzung vom 7. December 1896).

(2) HEIMANN, *Beitrage zur Kenntniss der feineren Struktur der Spinalganglien.* (ARCH. FÜR PATH. ANAT. UND FÜR PHYS. UND KLINISCHE MEDICIN, Berlin, Bd 152, Heft 2, 1898.)

et l'interprétation de fins détails de structure de tant d'éléments divers qui concourent à l'édification de la cellule ganglionnaire.

Après avoir poursuivi, pendant deux ans environ, l'étude des cellules des ganglions spinaux, nous nous sommes fait la conviction intime que leur anatomie fine est beaucoup plus compliquée qu'on ne l'a admis jusqu'ici, qu'on ne saurait la résumer en une formule simple et concise et enfin que l'avenir nous réserve probablement encore bien des surprises sur ce point.

Parmi les parties constituantes de la cellule ganglionnaire, il en est une qui nous intéresse tout spécialement en ce moment, celle dont la constitution est la plus discutée et la plus complexe : la substance achromatique.

Quand, au moyen de la méthode de Nissl, on étudie les cellules nerveuses, on remarque dans celles-ci des blocs ou des grains vivement colorés par le bleu de méthylène; la partie du protoplasme qui demeure incolore se désigne sous le nom de substance achromatique. Les uns attribuent à cette substance la structure fibrillaire, les autres y distinguent deux constituants : une partie vivante et structurée se présentant sous la forme d'un réseau, et un élément inerte, liquide, occupant l'espace libre entre les trabécules du réseau. Telle est, en résumé, dans l'état actuel de la science, la notion de substance achromatique (1).

Nous basant sur nos propres recherches sur les cellules des ganglions spinaux, nous croyons que cette notion devra être modifiée un peu ou du moins complétée.

---

(1) Voir au sujet de ces théories : VAN GEHUCHTEN et NELIS, *Quelques points concernant la structure des cellules des ganglions spinaux.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE MÉD. DE BELGIQUE, 26 mars 1898.)

En effet, l'examen attentif de nos préparations microscopiques nous a révélé au sein du protoplasme l'existence d'une formation spéciale, d'un détail de structure bizarre, auquel, chose curieuse, il n'est fait allusion par aucun des auteurs qui ont traité le sujet en question.

Il importe avant tout de préciser dans quelles conditions nous observons le plus nettement le phénomène auquel nous faisons allusion.

Nous fixons notre matériel d'étude dans le liquide au sublimé corrosif du professeur Gilson pendant douze heures ou dans une solution de formol à 5 °/₀ pendant vingt-quatre heures. Puis nous passons par toutes les manipulations de la méthode pour l'enrobage à la paraffine. Ensuite nos coupes, de 5 ou de 10 $\mu$, sont traitées sur le porte-objet par la méthode à l'hématoxyline au fer de Heidenhain. Elles sont plongées pendant trois heures dans une solution aqueuse d'alun de fer ammoniacal à 3 °/₀. Après lavage à l'eau, elles séjournent dans une solution aqueuse d'hématoxyline à $^1/_2$ °/₀ pendant douze heures au moins. Retirées de ce bain, nos préparations sont différenciées dans l'alun de fer ammoniacal, tout en ayant soin de surveiller sous le microscope les progrès de la différenciation. On arrête celle-ci quand seul le nucléole présente une coloration noire; les granulations chromatiques du protoplasme possèdent alors une coloration gris noirâtre beaucoup moins intense que le nucléole. On lave soigneusement à l'eau courante et on colore par l'érythrosine ou l'éosine. On déshydrate, on éclaircit et on monte au baume. L'hématoxyline de Delafield, la méthode de Nissl, l'acide osmique nous ont été utiles dans le cours de nos recherches.

Nous avons ajouté une photographie à cette note pour

prouver que les phénomènes dont nous parlons sont réels et ne constituent pas une pure fiction de notre esprit. Cette photographie, que nous devons à la délicate obligeance de M. le professeur Van Ermengem, est d'une exécution remarquable; toutefois nous ne devons pas demander à la photographie ce qu'elle ne peut pas donner : remplacer l'examen microscopique. Elle ne donne fatalement que l'image d'un seul plan qui perd en netteté par la superposition vague des plans sus et sous-jacents. Nous avons demandé au dessin ce que la photographie ne peut nous fournir. Un collègue de laboratoire, M. De Neeff, a eu la bienveillante obligeance de prendre sur lui cette tâche délicate et difficile.

Quand on examine à l'immersion homogène le ganglion plexiforme du Chien normal, on se rend compte d'un phénomène singulier. Les éléments chromatiques du protoplasme sont colorés en gris noirâtre par l'hématoxyline au fer de Heidenhain et tranchent sur le fond rouge uniforme de la cellule; mais on s'aperçoit assez vite de la présence sur ce fond de petites bandes régulières et claires. Ces bandes incolores tranchent nettement sur le fond coloré dont elles sont séparées de chaque côté par une ligne lisse. Les deux lignes qui limitent la bande restent toujours parallèles. Ici l'on voit comme un croissant de lune, là une boucle, là encore une espèce de spirale en tire-bouchon formée par ces bandes; nous avons même observé une disposition ressemblant à celle d'un panache flottant au vent. Quand on manœuvre la vis micrométrique, on s'aperçoit que ces formations sont en continuité les unes avec les autres; on a devant soi quelque chose qu'on saurait difficilement débrouiller, mais qui ressemble assez bien à un large fil entortillé sur lui-même.

Définir exactement devant quoi l'on se trouve, cela est impossible; d'ailleurs la forme des anses, des boucles, des glomérules est variable à l'infini. Ce qui est certain et constant, c'est qu'ils sont constitués par un élément incolore gardant partout le même calibre, ayant l'air d'être amorphe et se présentant sous la forme d'un boyau ou d'un spirème. Nous devrons employer ces termes dans la suite, parce que, vu notre ignorance au sujet de la nature de la production, nous n'avons pas d'autre mot qui puisse rendre notre impression et notre idée d'une façon plus adéquate.

Dans quelles parties de la cellule trouve-t-on ce boyau? Nous n'avons pas pu observer un lieu de prédilection : il se présente aussi bien à la périphérie que contre le noyau ou au milieu de la masse protoplasmatique. Quand il est à proximité du noyau, il s'y trouve intimement accolé et fait même des excursions à sa surface. Dans certains cas, le boyau semble se continuer avec la membrane nucléaire, mais il est probable qu'il n'y a là qu'une illusion. Très fréquemment il existe des dispositions variées du boyau en plusieurs endroits de la cellule. S'agit-il dans ce cas de plusieurs boyaux ou d'un boyau unique, c'est ce que nous ne pouvons affirmer.

Voilà les phénomènes que nous avons observés dans presque toutes les cellules de deux ganglions plexiformes ou noueux du pneumogastrique enlevés à deux Chiens différents et normaux.

Dans le ganglion cervical supérieur du sympathique des mêmes Chiens, nous avons pu constater les mêmes phénomènes dans certaines cellules, mais à un degré beaucoup moindre.

L'écorce cérébrale d'un de ces Chiens a été traitée par la

méthode de Nissl. Les cellules pyramidales renferment un spirème qui s'enfonce dans les prolongements protoplasmatiques; ici le phénomène n'est pas si évident que dans le ganglion plexiforme, parce que la méthode de Nissl est fort peu favorable pour l'observation du phénomène; il faut une grande habitude pour le découvrir dans ce cas.

Les ganglions spinaux du lapin nous révèlent les mêmes particularités. Dans un de ces ganglions fixés par l'acide osmique à 1 %, nous avons retrouvé le spirème avec une évidence remarquable. Le corps cellulaire est coloré en gris jaunâtre, tandis que le boyau incolore ressort nettement sur ce fond (fig. 2). On y trouve toutes les figures remarquables que le spirème peut engendrer.

La méthode de Nissl nous a donné des résultats négatifs chez le Lapin; chez le Chat, il nous a été impossible de retrouver le spirème, quel que fût d'ailleurs le procédé mis en œuvre.

Il résulte de ce que nous venons de dire que le boyau, dont l'existence est en somme réelle, ne se présente que dans des cas relativement rares.

Il y a des animaux, notamment le Chat, chez lesquels nous ne l'avons jamais remarqué. Chez d'autres, le Lapin par exemple, on peut le trouver dans les cellules d'un ganglion et ne pas le trouver dans les cellules d'un autre ganglion, bien que ces deux ganglions proviennent du même animal, qu'ils ont été durcis ensemble, enrobés dans le même bloc de paraffine et traités de la même façon sur le même porte-objet.

Nous verrons plus loin que, dans certains états pathologiques, sa présence dans les cellules nerveuses devient

beaucoup plus fréquente et plus évidente, même en faisant usage des procédés ordinaires de coloration du tissu nerveux.

Telles sont les données qui nous sont acquises par l'examen microscopique.

Nous avons été longtemps hésitant quant à l'interprétation de ce détail de structure. Nous l'avons découvert pour la première fois dans le courant du mois de juillet de cette année, mais ce n'est qu'après des recherches ultérieures et comparatives que nous avons pu nous faire une conviction. Nous trouvant devant un fait nouveau, nous nous sommes demandé si nous étions en présence d'un détail de structure déjà mis en relief par une des autres méthodes qui ont la vogue en neurologie, ou bien d'un phénomène dont l'existence avait totalement passé inaperçu jusqu'ici.

Notre attention s'est portée tout naturellement sur les recherches de Cajal sur les ganglions spinaux au moyen de la méthode de Ehrlich. Depuis longtemps déjà nous savons, par les recherches de Cajal (1), Van Gehuchten (2), von Lenhossek (3), J. Martin (4), etc., que la cellule ganglionnaire spinale est bipolaire à l'état embryonnaire.

---

(1) Cajal, *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, p. 358, 1898.

(2) Van Gehuchten, *Contributions à l'étude des ganglions cérébro-spinaux* et *Nouvelles recherches sur les ganglions cérébro-spinaux*. (La Cellule, t. VIII, 2e fasc.)

(3) Von Lenhossek, *Zur Kenntniss der Spinalganglien. Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane*. Wiesbaden, 1894.

(4) J. Martin, *Contribution à l'étude de la structure interne de la moelle épinière chez le Poulet et chez la Truite*. (La Cellule, t. XI, 1er fasc., 1895.)

Dans le cours du développement, elle devient unipolaire; le prolongement unique s'allonge de plus en plus, tandis que le corps cellulaire s'éloigne de l'endroit de la bifurcation.

C'est tout ce que la méthode de Golgi peut nous apprendre. La méthode de Ehrlich a révélé que tout ne se borne pas là. Chez l'adulte, où le développement est complètement achevé, nous voyons que l'axone a continué sa croissance en longueur; il en résulte un pelotonnement (1) sur lui-même dans le voisinage immédiat du corps cellulaire, entre celui-ci et la capsule. Il se forme ainsi ce que Cajal a justement appelé le « glomérule initial ». Ce glomérule peut affecter les formes les plus variables. Ce qui nous intéresse ici, c'est que, la plupart du temps, il fait des excursions à la surface du corps cellulaire; celui-ci semble comme entouré d'un boyau.

Nous avons cru un instant que la production énigmatique décrite plus haut n'était rien autre que des portions du glomérule initial. Nous nous sommes aperçu bientôt que nous versions dans l'erreur. En effet, voici les principaux arguments que nous faisons valoir en faveur de l'existence intracellulaire du boyau.

---

(1) Dogiel a aussi constaté que l'axone de la cellule ganglionnaire peut s'entortiller sur lui-même au moment où il quitte le corps cellulaire : *Der Bau der Spinalganglien bei den Säugethieren*. (Anat. Anz., 1896.)

Nous même, nous avons constaté par la méthode de Nissl, combinée avec la coloration à l'érythrosine, que l'axone peut faire une boucle en abandonnant le cône axial. Voir la figure 13 dans Van Gehuchten et Nelis, *Quelques points concernant la structure des ganglions spinaux*. (Bull. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique, 26 mars 1898.)

Notre impression première, ainsi que celle d'histologistes distingués qui ont parcouru nos préparations, a été que nous nous trouvions devant une formation intracellulaire.

Les cellules coupées en leur milieu présentent un boyau net dans le même plan que le noyau.

En admettant sa nature extracellulaire, le spirème incolore laisserait voir par transparence le corps cellulaire rouge avec ses granulations et, par conséquent, ne serait pas visible. Or ceci n'est pas : on voit le boyau incolore comme taillé à l'emporte-pièce à l'intérieur du corps cellulaire.

S'il y a identité entre le cylindre-axe et le spirème, pourquoi celui-ci reste-t-il incolore, tandis que l'autre se colore en rouge par l'érythrosine?

Le calibre de l'axone, même à l'endroit où celui-ci quitte le cône axial, surpasse de beaucoup celui du boyau. Ce fait est d'autant plus évident qu'il nous a été possible d'observer, dans le ganglion plexiforme du Chien, un spirème logé dans le cône axial; cette disposition était éminemment favorable pour faire la comparaison entre les deux éléments.

Ensuite il est très fréquent de constater, dans les anses que fait le spirème, une granulation chromatique assez volumineuse que le boyau semble contourner. Ce détail de structure nous paraît peu compatible avec une production extracellulaire.

Dans un ganglion spinal normal de Lapin, que nous avons fixé pendant douze heures dans une solution d'acide osmique à 1 %, nous voyons d'une façon très manifeste partir le cylindre-axe du corps cellulaire sans y revenir pour former un glomérule, et cependant nous voyons le

boyau incolore dans le corps cellulaire, tandis que le cylindre-axe possède une teinte gris jaunâtre (fig. 2).

Dans les cellules pyramidales de l'écorce du Chien normal et dans les cellules du bulbe du Cobaye intoxiqué par l'arsenic, nous voyons d'une façon incontestable des boyaux s'enfoncer dans les prolongements protoplasmatiques. Ce fait est d'une évidence remarquable.

Nous avons retrouvé le boyau dans les cellules du ganglion sympathique cervical supérieur et dans les cellules pyramidales de l'écorce du Chien normal. A l'état pathologique, nous l'avons trouvé dans le corps cellulaire d'un grand nombre de neurones du névraxe, notamment les cellules pyramidales de l'écorce, les cellules du noyau de l'hypoglosse, du noyau dorsal du nerf pneumogastrique, les cellules de l'olive bulbaire, les cellules de la formation réticulée du bulbe, etc. Or, pour toutes ces cellules, il n'est pas question d'un glomérule initial ou d'un entortillement de l'axone autour du corps cellulaire. Une structure semblable n'existe pas.

A notre avis, les trois derniers arguments que nous venons de produire sont de nature à fournir dans l'espèce des preuves péremptoires en faveur de la nature intracellulaire du spirème.

Examinons maintenant les résultats obtenus par Golgi dans l'étude de la structure interne des cellules nerveuses (1).

---

(1) Golgi, *Intorno alla struttura delle cellule nervose* et *Sulla struttura delle cellule nervose dei gangli spinali.* (Bollettino della Societa medico-chirurgico di Pavia, 1898.)

aucune prédilection pour se montrer dans telle ou telle partie de la cellule.

Il nous reste à examiner un dernier point : MM. M. et P. Bouin ont décrit dans le cytoplasme de la cellule mère du sac embryonnaire des Liliacées (1) et dans l'oocyte d'*Asterina gibbosa* (2), des formations filamenteuses spéciales que ces auteurs ont désignées sous le nom de *formations ergastoplasmiques*. « Ces formations représentent une différenciation protoplasmique, un véritable organe de la cellule, qui, pendant la période d'accroissement de la cellule reproductrice, joue un rôle important dans l'élaboration des matériaux deutoplasmiques de réserve. » A un examen superficiel, on serait porté à croire à une relation entre ces formations et celles que nous avons observées. Or il y a d'énormes différences entre les deux. Les images microscopiques ne se ressemblent pas du tout, et ce qui lève tous les doutes, c'est que les formations ergastoplasmiques sont colorables par le bleu de thionine ou le bleu de toluidine, ce qui n'est pas le cas pour l'élément que nous avons décrit. Il n'y a donc pas de relations entre les deux.

De toutes les considérations qui précèdent, il résulte que nous sommes en droit de conclure que nous nous trouvons en réalité devant un fait nouveau qui jusqu'ici a échappé aux observateurs et qui n'a jamais été mis en relief par une autre méthode connue.

---

(1) M. et P. Bouin, *Sur la présence de filaments particuliers dans le protoplasme de la cellule mère du sac embryonnaire des Liliacées.* (Bibliogr. anat., t. VI, 1er fasc., p. 1, 1898.)

(2) Idem, *Sur la présence de formations ergastoplasmiques dans l'oocyte d'*Asterina gibbosa. (Ibid., t. VI, 2e fasc., p. 53, 1898.)

Une fois ces faits acquis, nous devons rechercher quelle est la nature du boyau, quelle est sa constitution, quelles sont ses connexions, c'est-à-dire ses rapports avec les autres éléments cellulaires, quel est son rôle.

Il y a là nombre de problèmes pour la solution desquels nous ne possédons que des données très incomplètes, nous dirions volontiers négatives.

Occupons-nous d'abord de sa structure chimique. Un des caractères saillants du spirème, c'est de ne pas en avoir au point de vue chimique. Il se montre en effet absolument réfractaire vis-à-vis de n'importe quel colorant. Nous aurions donc en lui la véritable substance achromatique, au sens le plus strict du mot, c'est-à-dire la substance ne prenant pas les matières colorantes.

Nous avons fixé un ganglion spinal de Lapin normal dans l'acide osmique à 1 %. Le boyau est resté incolore, ce qui nous permet d'exclure les corps de nature graisseuse.

De même nous pouvons éliminer la nature nucléinique par le fait que l'hématoxyline au fer de Heidenhain et le procédé au bleu de méthylène restent absolument inactifs. Du même coup, nous pouvons éliminer la substance chromatique nerveuse.

Il ne nous reste plus que le protoplasme ordinaire, qui représente dans les cellules nerveuses ce que l'on est convenu d'appeler « substance achromatique ». Or ici les colorations par l'hématoxyline de Delafield, l'érythrosine, l'éosine, la fuchsine acide ont totalement échoué. Si le spirème est de nature protoplasmatique, nous en concluons que sa nature chimique diffère absolument de celle du protoplasme ordinaire. S'il n'est pas protoplasmique, l'avenir nous apprendra peut-être à quoi il faut s'en tenir.

C'est tout ce que, à l'heure présente, nous pouvons affirmer sur ce point important, mais obscur.

Quant aux autres questions de connexions et de rôle, à part les constatations que le spirème peut occuper toutes les régions du corps cellulaire, qu'il s'engage dans les prolongements de la cellule, qu'il semble se pelotonner d'une manière plus évidente aux abords du noyau, qu'il s'étale parfois à sa surface, à part ces faits, disons-nous, nous n'avons aucun renseignement qui soit de nature à nous éclairer sur sa manière d'être à l'intérieur de la cellule, sur ses rapports intimes avec le réseau protoplasmatique, avec le noyau, avec la substance chromatique. Nos connaissances sur tous ces points intéressants se réduisent donc à peu de chose; comme nous désirons rester dans le domaine des faits et ne pas nous engager sur la pente glissante des hypothèses, nous préférons avouer notre ignorance absolue sur toutes ces questions.

Prenant pour base tout ce que nous venons de dire jusqu'ici, nous nous croyons en droit de formuler les deux propositions suivantes :

I. A l'état normal, il *peut* exister à l'intérieur de la cellule nerveuse un élément incolore, réfringent, qu'on ne saurait mieux comparer qu'à un boyau ou à un spirème. Cet élément forme le plus souvent des anses, des boucles, des pelotons; il peut s'engager dans les prolongements de la cellule.

II. Les recherches en vue de connaître sa nature chimique ont donné des résultats négatifs. Sur les questions de connexions et surtout de rôle, nous sommes dans une ignorance absolue.

Pendant que nous poursuivions nos recherches sur la structure des cellules nerveuses à l'état normal et sur l'existence plus ou moins fréquente de l'élément protoplasmatique décrit plus haut dans les cellules des diverses régions du névraxe, l'idée nous est venue de rechercher si cette même structure du protoplasme ne se retrouverait pas dans les intoxications expérimentales.

Dans le courant de cette année, le Dr Serge Soukhanoff a entrepris, dans le laboratoire de neurologie de l'Institut Vésale, des recherches sur l'intoxication arsenicale (1). Son examen a porté sur les modifications qui ont leur siège dans les cellules de la moelle épinière et des ganglions spinaux du Cobaye. Nous avons repris une partie du matériel fixé par cet auteur et nous avons examiné le bulbe rachidien d'un Cobaye ayant succombé à l'intoxication par l'arsenic. Cet animal a été tenu pendant trente jours sous l'influence de l'arsénite de potassium, à raison d'environ 0gr,003 par jour.

Nous avons retrouvé dans les cellules motrices du nerf hypoglosse et dans les cellules de la formation réticulaire (fig. 5) le boyau en question. Ici son existence est tellement évidente qu'on trouve à peine une cellule où sa présence ne puisse être mise en évidence ; nous insistons sur ce point parce qu'il y a là une différence énorme avec l'état normal. Ces cellules sont littéralement criblées de boyaux ; de plus, on voit que ces spirèmes s'enfoncent dans les prolongements cellulaires. On trouve aussi de

---

(1) Serge Soukhanoff, *De l'influence de l'intoxication arsenicale sur les cellules nerveuses*. (Bull. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique, 30 avril 1898.)

petits espaces clairs, allongés et ovalaires, qui nous apparaissent comme étant des sections de boyaux. D'ailleurs, entre les véritables petites vacuoles et les boyaux, on trouve tous les degrés intermédiaires. Rien n'est plus instructif que de comparer ces cellules avec les cellules normales du Cobaye. Chez ce dernier animal, en effet, nous n'avons jamais rencontré ces productions dans les cellules correspondantes du bulbe.

Ce fait n'est pas isolé; nous avons revu toutes les préparations du Dr Soukhanoff et nous avons constaté dans la moelle et les ganglions spinaux un véritable état spirémateux, si l'on nous permet cette expression. L'auteur a décrit dans ces cellules une vacuolisation spéciale, tandis que la présence du boyau lui a complètement échappé; nous croyons que les petites vacuoles ne sont rien autre que la section du spirème distendu d'une façon anormale. Quant aux grandes vacuoles périphériques, il nous paraît difficile jusqu'à présent de les mettre en rapport, d'une façon quelconque, avec une modification du boyau.

Différents auteurs ont signalé l'existence de productions vacuolaires ou de vides dans les cellules nerveuses, notamment Mouravieff (1) dans l'intoxication diphtéritique et Daddi (2) dans l'insomnie expérimentale. Certains auteurs ont même décrit ce qu'ils appellent l'*état fissuré du protoplasme*. Nous voulons parler de Nageotte

---

(1) Mouravieff, *De l'influence de la toxine diphtéritique sur les cellules nerveuses*. (Arch. de méd. expér., 1897.)

(2) Daddi, *Sulle alterazioni degli elementi del sistema nervoso, etc.* (Rivista di patologia nervosa e mentale, vol. VII, fasc. I, 1898.)

et Ettlinger (1). Ces deux auteurs ont poursuivi, dans le laboratoire du Dr Babinski, une série de recherches sur les intoxications et les auto-intoxications. Ils ont pratiqué sur quatre Chiens l'extirpation double des capsules surrénales, ce qui leur a fourni des cas d'intoxication addisonienne, et sur un Chien la néphrectomie double.

Ils ont, en outre, fait l'examen du système nerveux de Cobayes empoisonnés par l'iodure de potassium, par la toxine tétanique et par le venin de Vipère.

Dans ces différents cas, les auteurs ont observé, outre les lésions dont la substance chromatique est le siège, des modifications particulières intéressant la substance achromatique.

« En même temps, disent-ils, apparaissent des fissures claires qui affectent une disposition bien spéciale : on les voit nettement entre les granulations, lorsque le fond est coloré à l'orcéine d'après la méthode de Nissl. Ces fissures se détachent mieux encore après la simple coloration au carmin. Dans les cellules de la moelle, elles sont fines, longues, régulièrement sinueuses, à extrémités effilées. On les suit dans la profondeur, en faisant varier la mise au point. Leur direction générale est orientée par rapport à la constitution fibrillaire de la cellule : elles sont concentriques dans les corps et longitudinales dans les prolongements, mais elles n'atteignent ceux-ci qu'en dernier lieu. Elles ne se réunissent pas habituellement les

---

(1) Nageotte et Ettlinger, *Lésions des cellules nerveuses dans diverses intoxications; leur rôle pathogénique.* (Comptes rendus hebd. de la Société de biologie, t. V, n° 3, 28 janvier 1898.) — *Lésions des cellules nerveuses au cours de diverses intoxications et auto-intoxications.* (Presse médicale, n° 25, 23 mars 1898.)

unes aux autres et n'entament pas le bord de la cellule. Elles ont très nettement l'aspect de fentes qui se formeraient dans une substance fibreuse, par simple écartement des fibres, et on peut penser qu'elles ne morcellent pas la trame fibrillaire de la cellule. »

Plus loin encore nous trouvons : « Les fissures sont ici de véritables éclatements qui affectent la forme de croissants. Souvent deux fissures voisines sont séparées par un filament oblique ondulé en S, de sorte qu'elles paraissent n'en faire qu'une grande, cloisonnée par une lame mince passant d'une paroi à l'autre. »

Ces descriptions, jointes aux figures qui accompagnent le travail, ne laissent subsister aucun doute dans notre esprit. Les formations particulières signalées par Nageotte et Ettlinger ne représentent rien autre que l'état spirémateux décrit par nous. Ce que ces auteurs ont pris pour des fissures ne sont ni des vides, ni des fentes, ni des éclatements, mais sont en réalité des portions d'un élément existant par lui-même, élément indépendant que nous avons découvert dans quelques cas à l'état normal, mais dont l'existence, dans un grand nombre de cas pathologiques, acquiert une fréquence et une évidence absolument remarquables.

Tous ces observateurs, entre autres Soukhanoff, Mouravieff, Daddi, mais surtout Nageotte et Ettlinger, ont été bien près de l'interprétation du phénomène. Pourquoi n'ont-ils pas vu le boyau que nous venons de trouver d'une façon si évidente?

L'explication nous paraît simple maintenant : personne jusqu'ici n'avait parlé d'un boyau ou spirème comme élément constituant de la cellule nerveuse à l'état normal ; il est tout naturel que ces auteurs n'aient pas porté

une attention spéciale sur ce point. Nous avons eu la tâche facile, puisque nous avons eu l'heureuse chance de découvrir cet élément à l'état normal. Un autre facteur important intervient ici : c'est que pour de semblables recherches la méthode de Nissl est presque la seule en usage; or ce procédé ne colore que la substance chromatique. Il en résulte que le boyau et la substance achromatique se confondent. En faisant usage, comme nous l'avons fait, d'une méthode qui colore la substance achromatique, comme le rouge d'érythrosine ou l'hématoxyline de Delafield, la confusion et le doute ne sont plus possibles, il faut se rendre à l'évidence.

Ce que nous venons de dire des auteurs, nous devrions l'appliquer à nous-même, car longtemps avant d'étudier l'état normal nous avons passé à côté de ces phénomènes pathologiques, sans nous douter de leur existence, dans l'intoxication par l'arsenic et le trional, dans l'intoxication tétanique et l'infection rabique.

Ce dernier cas pathologique est d'une très haute importance au point de vue qui nous occupe. Déjà au mois d'avril de cette année, nous avons examiné le névraxe d'un Lapin inoculé de rage dans le laboratoire de M. le professeur Denys et plus tard celui d'un Chien enragé qui nous a été envoyé grâce à l'extrême obligeance de M. le professeur Degive.

Ces cas d'infection rabique sont très intéressants, parce que nous avons retrouvé le boyau avec une netteté remarquable dans les cellules nerveuses. Dans les cellules pyramidales de l'écorce grise du cerveau, dans les cellules motrices du nerf hypoglosse, dans les cellules du noyau dorsal du pneumogastrique, de l'olive bulbaire, de la formation réticulée, de la corne antérieure de la

moelle épinière et dans quelques cellules des ganglions spinaux, le spirème se montre avec une évidence telle qu'on ne saurait nier son existence. Il est beaucoup plus volumineux qu'à l'état normal et semble, dans certaines cellules, remplir le corps cellulaire de ses circonvolutions compliquées. Il se présente ici de la même manière que dans l'intoxication arsenicale. Ces mêmes productions ont d'ailleurs été observées déjà par Babès (1) dans les cellules de la corne antérieure de la moelle chez le Chien rabique. Cet auteur les décrit comme des « eigenthümliche Zeichnungen », nettement différentes des vacuoles, sans se prononcer ni sur leur valeur ni sur leur nature.

Nous avons fait quelques recherches sur l'intoxication provoquée par le trional; nous avons tenu un Lapin pendant deux jours sous l'influence de ce médicament. A l'examen microscopique, nous avons trouvé un état spirémateux assez marqué dans les cellules de l'écorce cérébrale.

Durant son séjour au laboratoire de neurologie, le Dr Soukhanoff a examiné par la méthode de Nissl l'écorce grise d'un homme atteint de manie aiguë, mais ayant succombé à la suite d'une affection intercurrente : la pneumonie. Dans ce cas également, nous avons retrouvé dans les cellules pyramidales un état spirémateux assez notable.

Il nous reste à signaler un dernier cas : le tétanos. Nous avons des coupes de la moelle de Cobayes intoxi-

---

(1) Babès, *Ueber den Einfluss der verschiedenen Infectionen auf die Nervenzellen des Rückenmarks.* (Berliner klin. Wochenschrift, 1898, nos 1, 2, 3, p. 25.)

qués par la toxine tétanique, colorées par la méthode ordinaire de Nissl au bleu de méthylène. Ces préparations sont du plus haut intérêt, car les cellules de la moelle se trouvent dans un état spirémateux vraiment surprenant. En manœuvrant la vis du microscope, on dirait que tout le corps cellulaire est uniquement constitué par le pelotonnement du boyau; ces cellules sont très démonstratives à cet égard. Leur état spirémateux est beaucoup plus accentué que dans le cas décrit par Nageotte et Ettlinger; il suffira à ce sujet de comparer les figures qui accompagnent cette note avec celles de ces deux auteurs.

Dans le même ordre d'idées, nous aimons à rapporter ici une assertion de Chantemesse et de Marinesco (1), qui ont étudié sur des Cobayes les lésions consécutives au tétanos, en se servant de la méthode de Nissl. « Les mailles du réseau achromatique », disent ces auteurs, « sont élargies et ont disparu par places, donnant le jour à des destructions partielles de la cellule. » La constatation de l'élargissement et de la disparition de la substance achromatique est significative pour nous; nous n'y voyons que l'état spirémateux. Quant à savoir s'il s'agit là d'une destruction de la cellule, cela nous paraît peu probable; nous ne pouvons suivre les auteurs sur ce terrain : ils feraient bien de fournir quelques preuves à l'appui de leur thèse.

Pour terminer, nous ne pouvons nous empêcher de signaler ici un résultat négatif : dans toutes les cellules

---

(1) Chantemesse et Marinesco, *Des lésions histologiques fines de la cellule nerveuse dans leurs rapports avec le développement du tétanos et de l'immunité antitétanique.* (Presse médicale, 29 janvier 1898.)

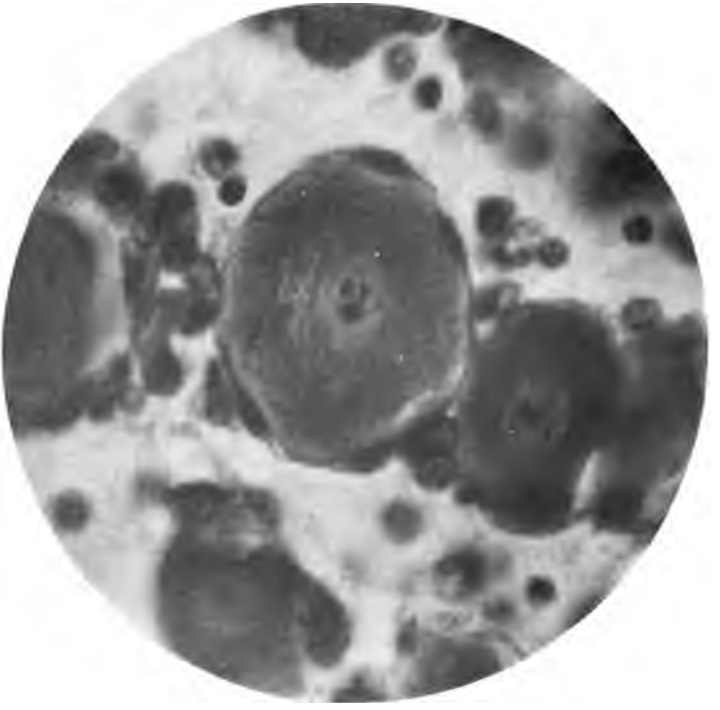
en chromatolyse consécutive à une section nerveuse, il nous a été impossible de retrouver le boyau.

De cet ensemble de faits, il résulte que dans certains états pathologiques nous retrouvons d'une manière beaucoup plus évidente et avec plus de fréquence le boyau qui, à l'état normal, ne se révèle que dans des cas relativement rares.

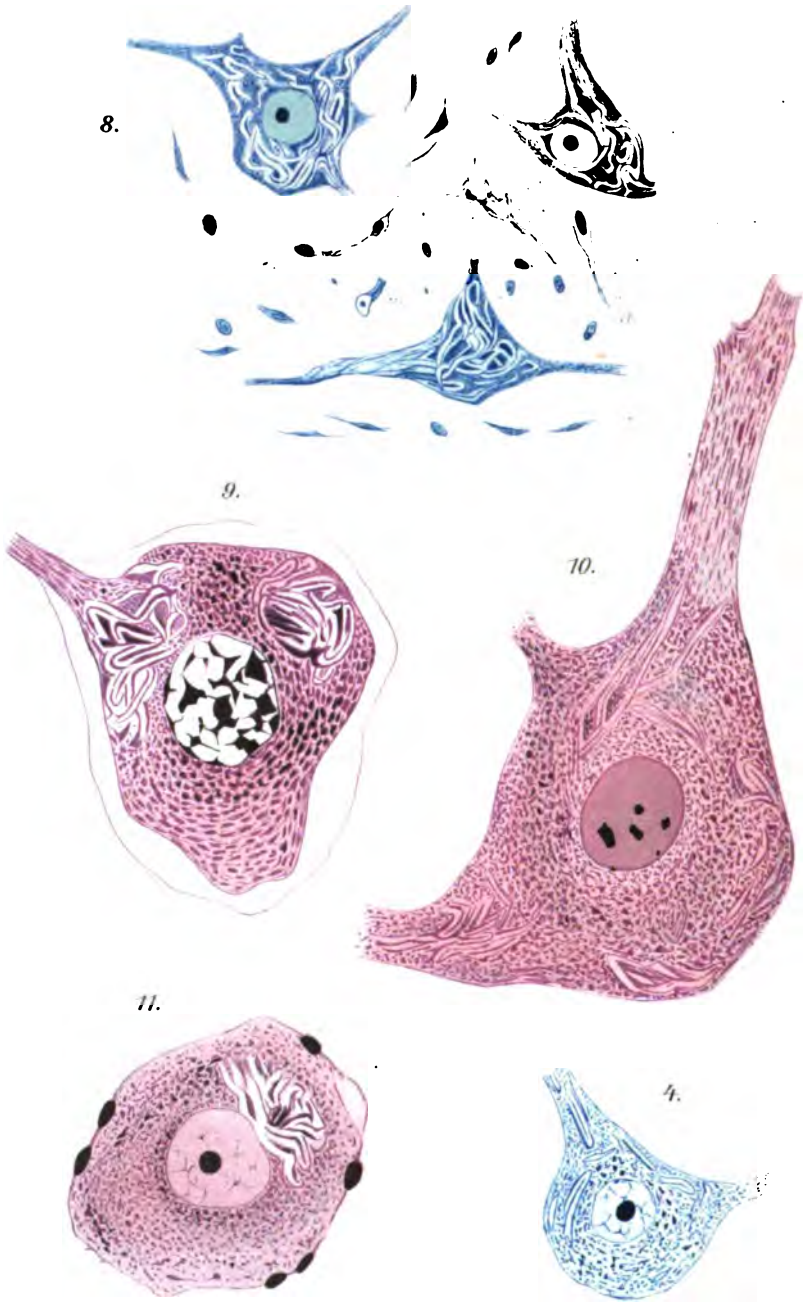
Quelle signification faut-il attribuer à ces faits? Nous n'en voyons qu'une seule. C'est que l'état spirémateux préexiste plus que probablement dans les cellules normales, mais que, sous l'influence de causes pathologiques variées, des modifications inconnues retentissent sur le boyau lui-même ou sur le protoplasme ambiant, de telle sorte que le premier devient par là plus manifeste et par conséquent plus facile à mettre en évidence.

En terminant ce travail, nous remplissons avec joie un devoir envers M. le professeur Van Gehuchten, celui de le remercier de l'hospitalité que depuis longtemps il nous accorde dans son laboratoire et des inappréciables conseils qui nous ont servi de guide dans le cours de nos recherches. Nous témoignons ici notre vive gratitude envers M. le professeur Van Ermengem, pour la photographie qui accompagne ce travail, ainsi qu'à M. De Neeff, pour l'empressement qu'il a mis à dessiner nos figures.

Laboratoire de neurologie de l'Institut Vésale de l'Université de Louvain, 1er décembre 1898.

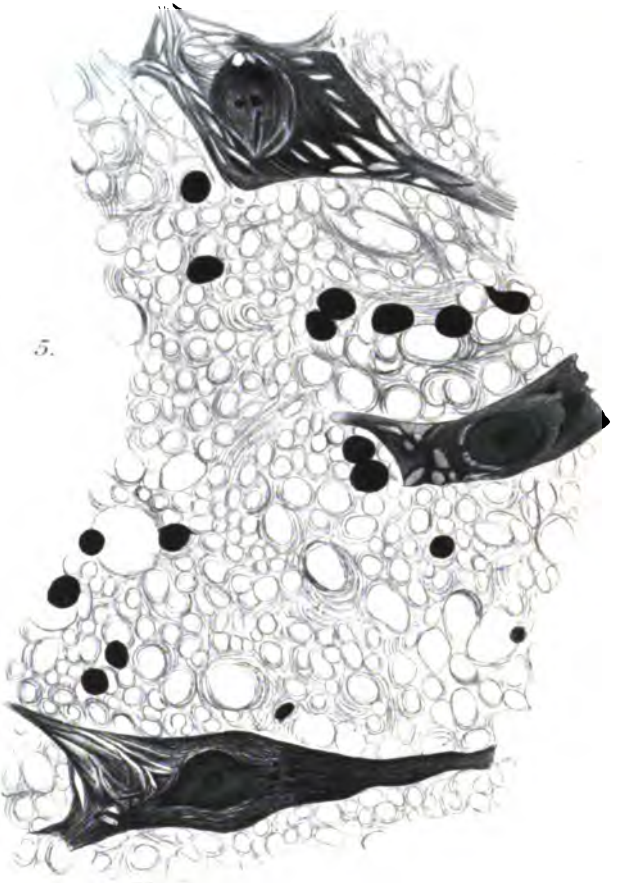


Phototypie E. Castelein, Bruxelles.



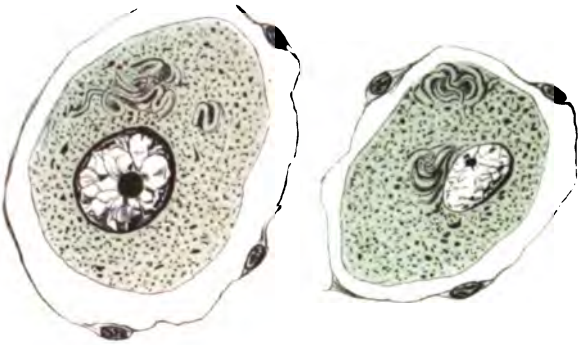

C. De Neeff del. Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.

*Ch. Nelis: Structure du protoplasme des cellules nerveuses.*



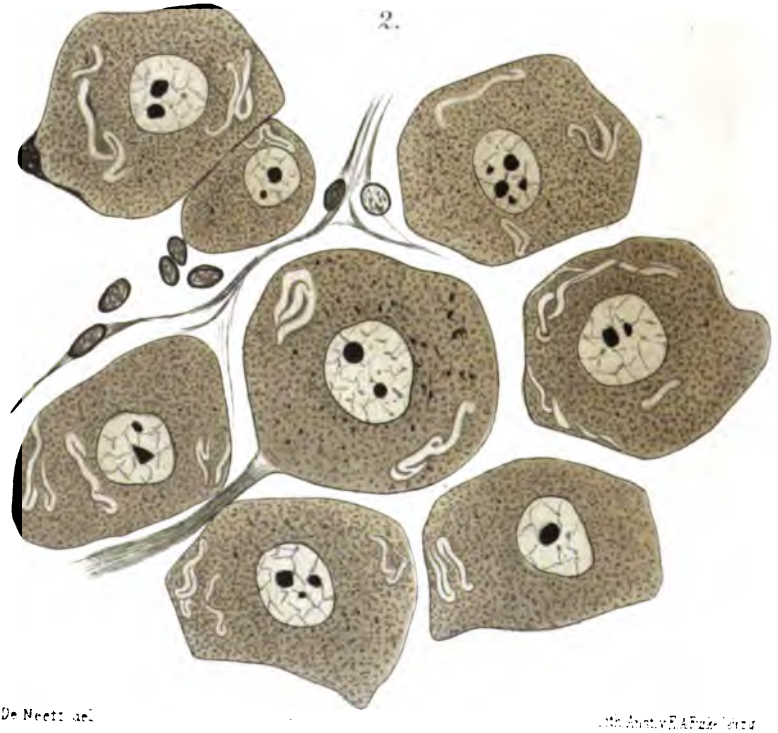
*Ch. Nelis: Structure du protoplasme des cellules nerveuses.*

1.



3.

2.



C. De Neeff del. Lith. Annot. v. R. A. Fuzet Liège

*Ch. Nelis: Structure du protoplasme des cellules nerveuses.*

# EXPLICATION DES FIGURES.

Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire d'Abbé, avec la table spéciale construite par Zeiss, l'objectif à immersion homogène de 2 millimètres et l'oculaire apochromatique n° 4 du même constructeur. Le tube du microscope a été étiré.

FIG. 1. Cellules du ganglion plexiforme du Chien normal. Méthode à l'hématoxyline de Delafield.

— 2. Coupe du ganglion spinal d'un Lapin normal. Méthode à l'acide osmique. Dans la cellule située au milieu du champ, on voit le boyau ; d'autre part, on voit partir le cylindre-axe sans formation de glomérule.

— 3. Cellule du ganglion sympathique cervical supérieur d'un Chien normal. Méthode de Heidenhain.

— 4. Cellule pyramidale de l'écorce cérébrale d'un Chien normal. Méthode de Nissl.

— 5. Cellules de la formation réticulaire du bulbe d'un Cobaye intoxiqué par l'arsenic.

— 6. Cellule d'un ganglion spinal de Lapin inoculé de rage. Méthode de Heidenhain.

— 7. Cellules du ganglion plexiforme du Chien normal. Méthode de Heidenhain.

— 8. Cellules de la corne antérieure de la moelle de Cobaye inoculé de toxines tétaniques. Méthode de Nissl.

— 9. Cellule de la corne antérieure de la moelle d'un Chien enragé. Méthode de Heidenhain.

— 10. Cellule pyramidale de l'écorce cérébrale du même Chien enragé. Méthode de Heidenhain.

— 11. Cellule d'un ganglion spinal de Lapin inoculé de rage. Méthode de Heidenhain.

*Sur les benzopyrines métalliques*; par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats de mes recherches sur les benzopyrines métalliques.

Ces corps ne peuvent pas exister, comme je l'avais pressenti.

J'ai employé tous les moyens pour avoir la conviction absolue qu'il n'est pas possible, dans les conditions ordinaires de précipitation, de concentration et de cristallisation, d'obtenir la combinaison d'un benzoate avec l'antipyrine.

J'ai examiné tous les benzoates correspondant aux salipyrines que j'ai décrites antérieurement (*) (Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Au, Hg, Pb, Mr).

*Sur le benzoate d'antipyrine.*

J'ai d'abord essayé de préparer le benzoate d'antipyrine.

Le mélange des solutions alcooliques de quantités moléculaires d'$C_6H_5.CO_2H$ et d'antipyrine a été soumis à l'évaporation lente sur l'acide sulfurique; il ne cristallise que le mélange des components.

Le mélange des solutions aqueuses de benzoate de soude et d'antipyrine traité par HCl précipite seulement l'acide benzoïque que j'ai facilement pu caractériser. A ce propos, je crois intéressant de rappeler que la moindre

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér, t. XXXIV, p. 933, 1897; t. XXXV, p. 836; t. XXXVI, p. 172, 1898.

trace d'impureté ou d'humidité abaisse très sensiblement la température du point de fusion.

En fondant ensemble les components, on n'obtient que des produits indéfinissables (une partie de l'$C_6H_5.CO_2H$ sublime naturellement) qui, traités par l'$H_2O$, donnent essentiellement un précipité d'acide inaltéré.

Enfin, j'ai examiné au microscope les résidus d'évaporation lente obtenus en dissolvant les components dans le chloroforme ou l'alcool; on n'observe que le mélange des deux corps qu'on peut assez bien reconnaître en le comparant aux cristallisations réalisées dans les mêmes conditions avec les components isolés.

Il me paraît donc évident que le benzoate d'antipyrine ne peut pas exister.

*Sur les benzopyrines métalliques.*

J'ai cru nécessaire de préparer d'abord tous les benzoates métalliques dont je m'étais proposé de déduire les combinaisons doubles antipyriques; de cette façon, j'avais constamment à ma portée l'élément de comparaison voulu pour trancher d'une façon décisive, d'accord avec les données de l'analyse, s'il y avait eu addition ou non.

J'ai eu recours, essentiellement, à la précipitation, en traitant la solution aqueuse du mélange de benzoate alcalin et d'antipyrine par le sel du métal dont je voulais préparer la combinaison double. Exemple :

$$2C_6H_5.CO_2Na + 2C_{11}H_{12}N_2O + M''Cl_2$$
$$= (C_6H_5.CO_2)_2.M''.2C_{11}H_{12}N_2O + 2NaCl.$$

Sauf les cas spéciaux que je vais décrire ci-après, j'ai toujours obtenu un benzoate métallique entraînant plus ou moins abondamment la base azotée ; l'une fois il était

facile d'éliminer celle-ci par simple lavage; une autre fois cette opération ne donnait pas le résultat complet désiré même après plusieurs jours, etc.; mais toujours j'ai pu conclure à la non-existence d'un produit prévu par la théorie; il me suffisait pour cela de compléter les résultats d'analyse par l'étude microscopique comparative indiquée ci-devant pour le benzoate d'antipyrine, ou d'examiner le produit obtenu en soumettant à la cristallisation spontanée, à la température ordinaire, le mélange des solutions acétiques de benzoate métallique et d'alcaloïde.

Quelques résultats méritent d'être spécialement signalés.

*Sur le dérivé ferrique.*

Le benzoate ferrique

$$(C_6H_5 . CO_2)_3 . Fe . Fe(OH)_3 . 6H_2O \quad (^*)$$

est un précipité couleur de chair. Si l'on opère la précipitation en présence de l'$C_{11}H_{12}N_2O$, le corps est jaune-orange.

En voici les analyses .

| SUBSTANCE. | $Fe_2O_3$. | Fe. | $C_{11}H_{12}N_2O$. | $C_{11}H_{12}N_2O$. |
|---|---|---|---|---|
| 1. 0gr,1133 | 0gr,0221 | 13.65 % | — | — |
| 2. 0gr,0626 | 0gr,0142 | 14.29 | 0gr,0129 | 20.7 % |
| 3. 0gr,1835 | 0gr,0350 | 13.35 | — | — |
| 4. 0gr,1485 | 0gr,0309 | 14,55 | 0gr,0310 | 20.8 |

(*) Beilstein.

Dans les opérations 1 et 3, les dosages du Fe ont été faits par calcination directe; dans les opérations 2 et 4, simultanément avec les dosages de l'antipyrine; il en est résulté une élévation dans le °/₀ du Fe trouvé qu'on ne peut éviter, comme on sait, quand on précipite par la NaOH, qu'au prix des plus grandes difficultés.

Je ne suis donc pas à côté de la vérité quand je dis que la teneur en Fe, pour la précipitation susmentionnée, est comprise, d'après mes recherches, entre 13.5 °/₀ et 14.5 °/₀; celle de l'antipyrine, entre 21 °/₀ et 21.5 °/₀.

Or les calculs pour

$$[(C_6H_5.CO_2)_3.Fe.Fe(OH)_3]_2.(C_{11}H_{12}N_2O)_3,$$

formule que je suis en droit de supposer, puisque la salipyrine ferrique est

$$[(C_6N_4.OH.CO_2)_3Fe]_2.(C_{11}H_{12}N_2O)_3 \quad (^*),$$

indiquent

$$Fe = 14.17\ °/_0, \qquad C_{11}H_{12}N_2O = 35.7\ °/_0.$$

La formule

$$(C_6H_5.CO_2)_3.Fe.Fe(OH)_3.(C_{11}H_{12}N_2O)_3$$

demande

$$Fe : 10.2\ °/_0, \qquad C_{11}H_{12}N_2O : 51.8\ °/_0.$$

Si j'essaie de construire d'autres formules, dans le but

(*) *Loc. cit.*

de diminuer théoriquement la teneur en $C_{11}H_{12}N_2O$, il est évident que j'augmente du même coup le pourcentage du Fe. Toutefois il est très possible de combiner des associations moléculaires qui finalement donnent les chiffres voulus; mais où sont les preuves théoriques sur lesquelles on puisse s'appuyer pour les admettre et que devient la valeur des idées reçues sur la valence?

Il m'a donc semblé plus prudent de dire que la benzopyrine ferrique, telle que nous sommes en droit de nous la représenter, n'existe pas, et qu'il se forme un composé, ou un mélange de composés, dans les conditions ordinaires de précipitation, renfermant entre 13.5 et 14.5 °/o de Fe, entre 21 et 21.5 °/o d'$C_{11}H_{12}N_2O$.

Il est utile d'ajouter que cette composition est très constante et qu'elle est encore la même quand on traite la ferripyrine de Hoechst $[(C_{11}H_{12}N_2O)_3FeCl_3]$ par le $C_6H_5.CO_2Na$.

Quand on dissout le précipité purifié par un lavage soigné à l'$H_2O$, tel qu'il a servi aux analyses précitées, dans l'$C_2H_5OH$ bouillant, et qu'on abandonne le tout, il se forme des dépôts successifs d'une matière jaunâtre, qui, recueillie et séchée, renferme une plus grande quantité de Fe.

$0^{gr},2719$ de substance est donné à la calcination directe 0.1018 d'$Fe_2O_3$, soit 26.20 °/o de Fe.

Or la quantité de Fe calculée pour

$$(C_6H_5.CO_2)_3.Fe.Fe(OH)_3.6H_2O$$

est 17.74 °/o, et celle calculée pour

$$(C_6H_5.CO_2)_3Fe.Fe(OH)_3$$

est 21.47 °/o.

Ces chiffres montrent que certains dissolvants, comme l'$C_2H_5OH$, sont capables de produire, à chaud, des phénomènes de condensation très complexes, en engendrant des composés de plus en plus riches en Fe, car il n'est pas douteux qu'en prolongeant l'action de ces dissolvants la quantité de métal trouvée dans le produit n'augmente graduellement.

Dans le but d'éclaircir davantage la nature du composé, j'ai essayé de vérifier s'il n'est pas possible d'enlever par un dissolvant quelconque l'$C_{11}H_{12}N_2O$; dans ce cas, celle-ci serait libre, non combinée, et le corps en question ne serait pas une combinaison. J'ai alors secoué la solution chloroformique avec de l'eau; celle-ci ne s'est pas colorée et l'évaporation au bain-marie a laissé un résidu qui ne renfermait que très peu d'$C_{11}H_{12}N_2O$; pour 1 gramme de substance environ, j'ai obtenu avec le nitrite alcalin, additionné d'$C_2H_4O_2$, une coloration verte à peine nette.

On peut supposer maintenant que l'$C_{11}H_{12}N_2O$, étant plus soluble dans le $CHCl_3$ que dans l'$H_2O$, est aussi plus fortement retenue par le premier dissolvant. Quoi qu'il en soit, je n'oserais pas trancher si le corps que j'ai préparé est oui ou non une combinaison, bien que je penche très fortement pour la négative.

La reprise du corps par l'$C_2H_4O_2$ glacial ne m'a donné à la concentration qu'un sirop épais refusant de cristalliser; j'ai été obligé de reprendre par l'eau qui a régénéré le précipité orange primitif.

Le chauffage de la solution acétique produit une décomposition, car l'$C_6H_5\ CO_2H$ se dégage.

*Sur le dérivé aluminique.*

Après le lavage jugé suffisant du précipité obtenu dans les conditions susmentionnées, j'ai obtenu à l'analyse les chiffres suivants :

| SUBSTANCE. | $Al_2O_3$. | Al. | $C_{11}H_{12}N_2O$. | $C_{11}H_{12}N_2O$. |
|---|---|---|---|---|
| 0gr,2335 | 0gr,0277 | 6.33 °/o | — | — |
| 0gr,2540 | 0gr,0306 | 6.43 | — | — |
| 0gr,4483 | 0gr,0546 | 6.42 | — | — |
| 0gr,1599 | — | — | 0gr,0335 | 20.9 °/o |

qui ne correspondent à aucun calcul.

Pensant avoir affaire à du benzoate métallique (*) ayant simplement entraîné de l'$C_{11}H_{12}N_2O$, je supposais que le lavage à l'eau longtemps soutenu me débarrasserait à la longue de l'alcaloïde. Il n'en est rien, comme le montrent les résultats d'analyse qui suivent, bien que le lavage à la trompe ait duré, consécutivement, cinq jours :

| SUBSTANCE. | $Al_2O_3$. | Al. | $C_{11}H_{12}N_2O$. | $C_{11}H_{12}N_2O$. |
|---|---|---|---|---|
| 0gr,2061 | 0gr,0325 | 8.42 °/o | — | — |
| 0gr,1734 | 0gr,0283 | 8.71 | 0gr,0177 | 10.20 °/o |

(*) $(C_6H_5.CO_2)_3$ Al. $Al(OH)_3$. (Beilstein.)

La deuxième analyse a été faite en précipitant l'alumine du sel dissous dans la soude en léger excès, par le $NH_4Cl$.

Il m'a semblé que ces expériences sont suffisamment concluantes pour affirmer que la benzopyrine aluminique, non plus que la salipyrine correspondante, n'existe pas, d'autant plus que j'ai aussi essayé de combiner $C_6H_5.(CO_3)_3.Al.Al(OH)_3$ à $C_{11}H_{12}N_2O$ en solution acétique, mais sans succès.

Le benzoate d'aluminium renferme théoriquement 11.21 % d'Al.

*Sur le dérivé cuivrique.*

Dans l'eau, on obtient généralement le $Cu(C_6H_5.CO_2)_2.2H_2O$ bleu pâle, entraînant des quantités variables de base qui s'enlèvent par un lavage suffisamment prolongé. Il en est tout autrement cependant quand on soumet le mélange des components en solution acétique à l'évaporation spontanée. Dans ce cas, on obtient une cristallisation verte qui n'est pas non plus le corps cherché, car l'acide filtré précipite, par addition d'eau, abondamment de l'$C_6H_5.CO_2H$. Le corps, recueilli et séché, d'abord à l'air, puis dans l'exsiccateur au $CaCl_2$ mélangé de NaOH, a été soumis à l'analyse; il renferme entre 14 et 15 % de Cu, entre 35 et 36 % d'$C_{11}H_{12}N_2O$; il se dissout dans l'eau avec une coloration bleue; l'évaporation spontanée de la solution aqueuse produit des aiguilles petites, noires.

Le calcul pour

$$(C_6H_5.CO_2)_2Cu.C_{11}H_{12}N_2O$$

donne

$$Cu : 12.92\ \%; \qquad C_{11}H_{12}N_2O : 38.26\ \%.$$

*Sur le dérivé uraneux.*

Le précipité est jaune serin. Il n'abandonne pas au lavage toute l'antipyrine. Il renferme :

$$Ur = 33.5 \text{ à } 34\ \%; \qquad C_{11}H_{12}N_2O = 36 \text{ à } 36.5\ \%.$$

La théorie pour

$$(C_6H_5.CO_2)_2.UrO_2.(C_{11}H_{12}N_2O)_2$$

indique

$$Ur = 26.9\ \%; \qquad C_{11}H_{12}N_2O = 42.3\ \%.$$

Il est probable que les raisonnements que j'ai faits pour le précipité décrit lors de mes recherches sur la salipyrine d'uranyle, peuvent s'appliquer ici. Les phénomènes observés sont d'ailleurs à peu près les mêmes.

D'après ce qui précède, les seuls métaux qui semblaient indiquer la possibilité de produire des benzopyrines, sont le Fe, l'Al, le Cu et l'Ur, parce que leurs benzoates entraînent des quantités considérables de base et les retiennent avec force. Un examen minutieux a prouvé toutefois que ces métaux, pas plus que les autres que j'ai examinés, ne se prêtent à la formation des benzopyrines.

Je puis donc confirmer ce que j'ai dit au début de ce mémoire, à savoir que ces composés n'existent pas.

Anvers, laboratoire privé.
Novembre 1898.

—

*Sur la constitution des salipyrines métalliques;*
par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

Maintenant que nous savons que les benzopyrines métalliques ne peuvent pas se former dans les mêmes conditions que les salipyrines correspondantes, il devient presque certain que la théorie avait prévu ici des associations moléculaires qui ne sont pas vérifiées par l'expérience.

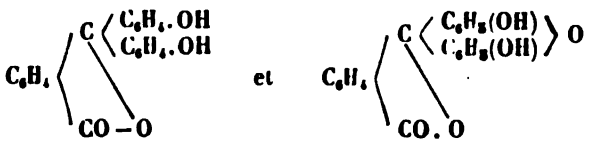
C'est donc surtout en me basant sur ce fait que je puis établir la constitution des salipyrines métalliques, bien entendu en me basant sur les moyens qui sont généralement à la portée des chimistes dans ce but. Je veux dire que nos connaissances sur la structure dans l'espace des combinaisons ne sont pas assez avancées pour permettre une tentative plus ou moins heureuse de construction stéréo-chimique, et cela malgré les vues ingénieuses de Bischoff et de Werner.

Les faits que j'ai rapportés permettent d'avancer, d'une façon certaine, que dans les additions qui s'opèrent entre les salicylates métalliques et l'antipyrine, le groupe fixateur de la base est uniquement l'hydroxyle phénolique; en effet, s'il disparaît, la combinaison n'a pas lieu. S'il n'en est pas ainsi, il faut dire que les benzopyrines métalliques n'existent pas parce que l'équilibre entre les groupes est impossible, que celui-ci se rétablit aussitôt en présence d'un OH.

Ce qui peut paraître très curieux, c'est que le groupe CO.OH ne possède en rien le pouvoir additif; à preuve l'existence du salicylate antipyrique et la non-existence du benzoate.

On aurait tort cependant de croire qu'il suffit d'avoir des groupements hydroxyliques pour opérer des additions; certains groupes annulent le pouvoir additif des HO, telles ces associations d'atomes qui jouent un rôle d'anhydrides.

Les phtaléines, par exemple




refusent de se combiner à la phényldiméthylpyrazolone, l'évaporation lente de la solution alcoolique des components, en quantités calculées, produisant essentiellement des cristaux de phtaléines pures. Même la position des HO dans la molécule a son influence : je rappellerai à ce sujet que la résopyrine ne renferme qu'une molécule de base, malgré la présence de ses deux HO.

Il en résulte que dans la représentation des constitutions moléculaires qui vont suivre, il m'est permis, jusqu'à nouvel ordre, de ne pas faire concourir les ions métalliques à la formation des produits additionnels et de ne pas les séparer des radicaux négatifs.

Les salipyrines métalliques peuvent être divisées en quatre groupes :

1. Salipyrines du type ferrique (Fe).

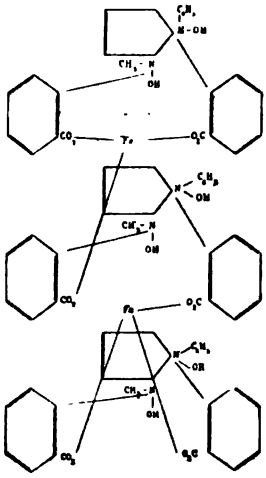


Fig. 1.

2. Salipyrines du type Mg (Mn, Co, Ni, Zn, Cd).

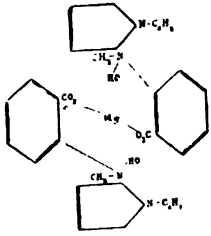


Fig. 2.

3. Salipyrines du type Cu (Pb).

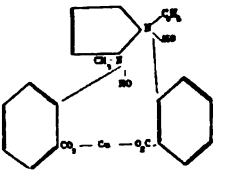


Fig. 3.

4° Salipyrines qui ne se forment pas d'après les prévisions et dans les conditions ordinaires de précipitation (Al, Cr, Ag, Au, Hg, Ur).

Les dessins ci-dessus me semblent en parfait accord avec les faits et dénués de tout artifice, en ce qui concerne les types du 2°; mais pour les représentants du premier et du troisième type, j'ai été obligé de fixer des HO phénoliques aussi sur les N phényliques. Or il paraît certain que ces N, vu leur nature, ne peuvent pas se prêter à semblable opération; ce qui m'a déterminé à la figurer quand même, malgré moi, est le raisonnement suivant : en ne fixant pas les HO en question sur les N phényliques, il eût paru bizarre que ces groupes ne liassent pas d'antipyrine à leur tour; et comme les faits prouvent que cela n'est vraiment pas le cas, il en résulte qu'ils ne sont pas abolument libres dans leur action; il est donc possible qu'ils se trouvent influencés (fixés) par ces N phényliques précités. Je n'ai pas trouvé mieux, suivant en cela l'exemple donné par Béhal et Choay, qui, pour représenter la constitution de la dichloralantipyrine, ont

dû avoir recours au même procédé, malgré son incorrection apparente (*).

Si l'Académie me le permet, je voudrais saisir cette occasion pour faire une petite digression qui pourrait avoir quelque utilité.

Dans les lignes qui précèdent, il est donc prouvé, une fois de plus, que chaque fois que le chimiste essaie de représenter l'image du composé ou du groupe de composés dont il a étudié la composition et décrit les propriétés, par un procédé graphique couramment en vogue, il se heurte à des difficultés parfois insurmontables; il lui reste constamment des points douteux et, pour les éliminer, il a communément recours à de nouvelles hypothèses dont la démonstration se fera sans doute attendre comme les autres démonstrations des autres multiples hypothèses dont la chimie me semble par trop enrichie.

Si l'on veut explorer n'importe quelle partie de cette science, on constatera toujours que, si le point de départ a été un fait, le développement en est constitué souvent par des hypothèses; en général, les faits devraient se développer par d'autres faits et seulement par des déductions philosophiques quand cela devient nécessaire. Il existe des hypothèses considérées comme tellement probantes qu'elles sont déjà confondues avec les faits dont elles représentent seulement la probabilité.

C'est là, à mon avis, un danger pour la science et un obstacle à la recherche de la vérité.

Anvers, laboratoire privé.
Novembre 1898.

---

(*) *Journ. Pharm. Chem.* (5), 21, 539.

*Sur le chlorure double de cuivricum et d'antipyrine;*
par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

Puisque la salipyrine cuivrique ne renferme qu'une seule molécule de base, il m'a paru intéressant de rechercher si tous les sels cuivriques fixent également une molécule d'antipyrine, malgré la bivalence du métal; à cet effet, j'ai choisi le chlorure de cuivre $CuCl_2$.

On concentre au bain-marie le mélange des solutions aqueuses et on laisse refroidir; les parois et le fond de la capsule se recouvrent alors de magnifiques aiguilles *rouge rubis*, qui se laissent facilement essorer, laver et sécher.

Le corps fond en un liquide noir-rouge à 145° environ; à partir de 90°, il commence déjà à noircir.

La solution aqueuse est verte et présente une réaction acide; l'alcool dissout en vert et se trouble quand on chauffe; le chloroforme se colore en rouge-orange. Les autres dissolvants paraissent ne rien dissoudre.

Analyses :

| SUBSTANCE. | CuO. | Cu. | $C_{11}H_{12}N_2O$. | $C_{11}H_{12}N_2O$. |
|---|---|---|---|---|
| 0gr,2058 | 0gr,0325 | 12.61 °/o | 0gr,1513 | 73.51 °/o |

Les deux dosages ont été faits dans une seule opération en précipitant le Cu par la soude.

Formule :

$$CuCl_2.(C_{11}H_{12}N_2O)_2.$$

Absence d'eau de cristallisation.

La théorie exige :

$$Cu = 12.44\ \%;\qquad C_{11}H_{12}N_2O = 73.68\ \%.$$

Le sulfure d'ammonium produit un précipité noirâtre, laiteux, passant lentement au vert.

La soude donne tout de suite un précipité bleu; dans un excès de réactif, une chaleur douce le réunit en flocons; l'ébullition a quelque peine à produire l'oxyde noir; on voit aisément les flocons pâlir, virer au gris, au brun, puis devenir noirs.

L'ammoniaque donne une coloration bleue superbe; la soude tend à la faire disparaître.

Le carbonate de soude donne un trouble bleu qui se prend vite en flocons et est insoluble dans un excès de réactif, soluble dans l'$NH_3$ avec coloration bleue, soluble dans le KCy avec décoloration immédiate.

Le ferrocyanure de potassium précipite en brun-rouge; la soude dissout avec production d'un trouble vert bleuâtre; l'HCl n'a pas d'action, mais quand on fait bouillir, le précipité devient vert et le liquide surnageant se fonce.

Le sulfite de soude donne un trouble vert; l'acide chlorhydrique décolore sans trouble.

Le nitrate d'argent précipite en blanc; l'$NH_3$ dissout avec coloration bleue.

L'acétate de plomb ne produit rien, ni à froid ni à chaud.

L'acide nitrique concentré à chaud ainsi que l'acide nitreux donnent les colorations typiques pour l'$C_{11}H_{12}N_2O$.

Le chlorure ferrique donne un précipité rouge que l'HCl fait fortement pâlir.

Une baguette de zinc en présence d'un peu d'HCl dépose dans une capsule de platine tout le cuivre quantitativement.

Anvers, laboratoire privé.
Décembre 1898.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Lameere* (*Aug.*). Notice sur le Dr Ernest Candèze. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (16 p.).

*Duyk* (*M.*). Sur quelques nouveaux médicaments à base de bismuth et sur leur analyse. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (21 p.).

*Meunier* (*Fernand*). La variation sexuelle chez les Arthropodes, par Paul de Peyerimhoff. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (5 p.).

— Les chasses diptérologiques aux environs de Bruxelles. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (39 p.).

— Liste des diptères et des hyménoptères capturés sur les dunes de Blankenberghe. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (7 p.).

— Quelques mots sur les Faunes hyménoptérologiques et diptérologiques de la Bulgarie septentrionale. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (7 p.).

*La Cellule*, recueil de cytologie, tome XV, 2d fascicule. Louvain, 1898; gr. in-8°.

*Carte géologique internationale de l'Europe*, 49 feuilles à l'échelle de 1 : 1,500 000, 3e livraison : feuilles A3, A4, B3, B4, C5, D5, D6. Berlin, 1898; in-plano.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

*Hellmann* (*G.*). Regenkarte der Provinz Schlesien. Mit erläuterndem Text und Tabellen. Berlin, 1899; in-8° (24 p., carte).

*Roscoe* (*E.*), *Schorlemmer* (*C.*), *Brühl* (*J.-W.*). Ausführliches Lehrbuch der Chemie : die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate oder organische Chemie, Theil I-V. Brunswich, 1882-1898; 4 vol. in-8°.

*Teichmüller* (*J.*). Die elektrischen Gleichstromleitungen mit Rücksich auf ihre Elastizität. In Form eines Lehrbuches dargestellt. Stuttgart, 1898; in-8° (245 p.).

*Mie* (*Gustave*). Entwurf einer allgemeinen Theorie der Energieübertragung. Vienne, 1898; extr. in-8° (70 p.).

*Auwers* (*A.*). Die Venus-Durchgänge, 1874 und 1882, Band I. Berlin, 1898; in-4°.

HALLE. *Kaiserl. Akademie der Naturforscher*. Abhandlungen, Band 70 und 71, 1898. In-4°.

NEISSE. *Gesellschaft Philomathie*. 29. Bericht, 1896-1898.

COLMAR. *Naturhistorische Gesellschaft*. Mittheilungen, Band IV, 1897-1898.

POLA. *Kaiserl. Kriegs-Marine*. Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen, Heft 2, 1898; in-4°.

VIENNE. *Zoologisch-botanische Gesellschaft*. Verhandlungen, 1898, Band XLVIII.

DRESDE. *Gesellschaft für Natur- und Heilkunde*. Jahresbericht, 1897-1898.

GRATZ. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Mittheilungen, 1897.

BRESLAU. *Gesellschaft für vaterländische Cultur*. 75. Jahresbericht, 1897.

— Litteratur der Landes- und Volkskunde der Provinz Schlesien, Heft 6, 1898.

—

Des Moines. *Iowa geological Survey*. Annual report, volume VIII. 1898.

Saint-Paul. *Commissão geographica e geologica*. Dados climatologicos, 1893-1897.

Washington. *Surgeon-general's Office*. Index-catalogue of the library, 2d series, vol. III. 1898; gr. in-8°.

---

France.

*Renault* (*B.*). Sur la constitution des tourbes. Paris, 1898; extr. in-4° (3 p.).

— Notice sur les Calamariées (suite), 3e partie. Autun, 1898; in-8° (60 p. et 10 pl.).

— Le mode de propagation des bactériacées dans les combustibles fossiles, et du rôle qu'elles ont joué dans leur formation. Autun, 1898; extr. in-8° (17 p.).

---

*Flora Batava*, afbeelding en beschrijving van Nederlandsche gewassen, aflevering 323 en 324. Harlem, 1898; 2 cahiers in-4°.

---

*Sars* (*G.-O.*). An account of the Crustacea of Norway, part XI, XII. Bergen, 1898; gr. in-8°.

Neuchatel. Société des sciences naturelles. Bulletin, tomes XXI-XXV. 1893-1897.

Upsal. *Université*. Arsskrift, 1897.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 3.

*Séance du 4 mars 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre et Fr. Deruyts, *correspondants.*

## CORRESPONDANCE

—

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture d'un télégramme, en date du 21 février, de M. Schoenberg, président du Sénat de l'Université de Christiania, annonçant la mort de M. le professeur Sophus Lie, associé de l'Académie, décédé le même jour à Christiania.

M. le Secrétaire perpétuel ajoute qu'il s'est empressé d'adresser les condoléances de l'Académie à la famille de M. Lie.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail adresse, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des vingt feuilles de la *Carte géologique de la Belgique au 40,000e*, formant le septième envoi :

Ippenroy, Meerle, Maerlé, Wuestwezel-Hoogstraeten, Nieuwehoef-Borkel-Brug, Beverbeek, Lommel-Overpelt, Hamont-Veldhoven, Grootbeersel, Bourg-Léopold-Peer, Meuwen-Brée, Maeseyck-Ophoven, Gestel-Opoeteren, Stockheim-Heppenert, Diest-Herck-la-Ville, Reckheim, Poperinghe-Ypres, Meldert-Tirlemont, Florenville-Izel, Villers-devant-Orval.

— L'État Indépendant du Congo fait parvenir la suite de ses *Annales* : *L'âge de la pierre au Congo;* par Xavier Stainier, tome Ier, fascicule 1.

— M. le Commissaire du Gouvernement près la Section des sciences de l'Exposition internationale de 1897 offre

un exemplaire des deux fascicules constituant le *Catalogue* de ladite Section.

— M. Ern. Van den Broeck, secrétaire général de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, envoie un exemplaire du tiré à part des *Procès-verbaux et Mémoires émanant de la Section permanente d'études du grisou*, fondée en 1898 au sein de la Société.

— M. Forir envoie neuf extraits des *Annales de la Société géologique de Belgique*, se rapportant aux années 1895-1899.

— Remerciements.

— Hommage d'ouvrages :

*Cours de botanique* de feu A. Bellynck; 3e édition, par E. Paque (présenté par M. Crépin, avec une note qui figure ci-après);

*Elementi di calcolo infinitesimale*, par Ernesto Cesàro;

A. *L'émigration considérée comme facteur de l'évolution et de la filiation des espèces*; B. *Le discours de M. Éd. Dupont à la séance publique de l'Académie, consacré à l'évolution et au phénomène de la migration. Étude critique*; C. *Observations nouvelles sur le gisement et sur l'âge des Iguanodons de Bernissart*; par Ernest Van den Broeck.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° *Résolution graphique des cristaux*; par G. Cesàro. — Commissaires : MM. Neuberg et Ch. de la Vallée Poussin, père;

2° *Sur les phénomènes calorifiques présentés par une*

*barre métallique brusquement refroidie;* par E. Lagrange. — Commissaires : MM. De Heen et Vander Mensbrugghe;

3° *Réclamation de priorité au sujet de l'exposé des rapports existant entre le phénomène de l'émigration et la filiation des espèces;* par Ernest Van den Broeck. — Commissaires : MM. Dewalque, Ch. de la Vallée Poussin père et Van Beneden.

---

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, au nom de l'auteur, M. le professeur Paque, un exemplaire de la première partie de la troisième édition du *Cours de botanique* de feu A. Bellynck.

La première édition de cet ouvrage date de 1876. Le plan en avait été calqué sur le traité allemand de Moritz Seubert.

Une deuxième édition fut donnée en 1878, avec des additions importantes.

Depuis cette époque, les progrès incessants de la science avaient rendu le traité de Bellynck incomplet ou suranné dans plusieurs de ses parties.

M. le professeur Paque, chargé du cours de botanique à la faculté des sciences du Collège N.-D. de la Paix, à Namur, s'est chargé de remanier le travail de son prédécesseur et de le mettre au courant des nouvelles découvertes. En présence des multiples questions débattues actuellement entre les savants, l'élaboration d'un traité général de botanique est une œuvre qui réclame des connaissances extrêmement étendues, unies à une grande

expérience. Nous laissons aux professeurs de botanique le soin d'apprécier la valeur du nouveau traité, nous bornant à souhaiter que l'honorable professeur de Namur ait réussi à présenter un tableau fidèle de l'état de la science actuelle.

FRANÇOIS CRÉPIN.

---

## RAPPORTS.

---

*Recherches physiologiques sur l'excrétion chez quelques Annélides ;* par V. Willem et A. Minne.

**Rapport de M. Plateau, premier commissaire.**

« Dans l'intéressant travail qui nous est soumis, MM. Willem et Minne ont cherché à résoudre, par l'observation et par des expériences variées, une série de questions délicates concernant la structure et le fonctionnement des organes excréteurs chez les Annélides.

La première partie du mémoire est consacrée au Lombric. Les auteurs y étudient successivement les cellules chloragogènes et leur rôle, les cellules uriques, la signification des amibocytes du système hématique, les néphridies, pour terminer par une analyse chimique globale du ver.

Les résultats de cette première partie peuvent se résumer ainsi :

Le Lombric, comme tout organisme vivant, accumule des matériaux de réserve; ceux-ci sont ici de la graisse (oléine surtout) et du glycogène.

Les produits de désassimilation consistent en guanine dans les cellules chloragogènes et dans certaines régions des néphridies, en cristaux d'acide urique dans les cellules péritonéales et dans des éléments situés entre les fibres musculaires, enfin en cholestérine répandue dans la plupart des tissus.

Les cellules chloragogènes semblent fonctionner comme reins d'accumulation; ce n'est qu'accidentellement que leurs extrémités se rompent pour tomber dans la cavité cœlomique.

Les cellules uriques aussi, constituent des reins d'accumulation. Lorsque les cristaux qu'elles contiennent, mis en liberté par une cause ou l'autre, passent dans la cavité du corps, ils sont, comme d'autres déchets, phagocytés par les amibocytes du système plasmatique.

Les amibocytes du système hématique jouent un rôle dépurateur analogue. Chargés de produits d'excrétion, ils émigrent dans l'épithélium de l'intestin qu'ils détruisent partiellement, constituant là les éléments que l'on a souvent décrits sous le nom de cellules *jaunes*, puis tombent dans le tube digestif pour être expulsés par cette voie. Il se passerait par conséquent des faits du même ordre que ceux que C. De Bruyne a fait connaître quant à la diapédèse des phagocytes au travers de l'épithélium des branchies ou de l'intestin chez les Mollusques lamellibranches.

Un amas de phagocytes provenant de la cavité cœlomique est toujours implanté au voisinage de l'entonnoir cilié de chaque néphridie; il se détruit constamment sur sa face tournée vers le pavillon et se régénère à la face opposée par l'adjonction de nouveaux phagocytes. Ses débris principalement liquides sont expulsés par le tube néphridien.

Quant aux parois de ce tube, elles excrètent exclusivement des matières solubles. Les cellules du segment moyen et de l'ampoule auraient un double rôle : celui de puiser des produits de désassimilation dans le liquide cœlomique pour les déverser ensuite dans le canal où ils sont entraînés vers l'extérieur par les mouvements des cils, et celui de reprendre des substances assimilables à la petite quantité de liquide plasmatique entrant directement dans la néphridie par l'entonnoir.

On remarquera que, chez le Lombric, existe une division du travail suivant laquelle, à quelques détails près, les produits de désassimilation liquides et solides quittent le corps par des voies distinctes : les produits liquides surtout par les néphridies, les matériaux solides peut-être par les pores dorsaux et certainement par les conduits spermatiques.

La deuxième partie du mémoire a trait à l'excrétion chez *Nereis diversicolor*, c'est-à-dire chez un Annélide polychète errant.

Chez plusieurs Polychètes sédentaires, les néphridies à l'état de tubes courts et larges, munis de grands entonnoirs, servent, par un procédé primitif, à la fois à l'évacuation des substances de désassimilation solides et liquides et à celle des produits génitaux. Tandis que chez *Nereis*, la disjonction est encore plus complète que chez le Lombric : les néphridies, absolument impropres au passage de corps solides, ne sont utilisées qu'à l'écoulement de matériaux liquides; il n'y a même plus d'amas phagocytaire au voisinage de l'entonnoir. Les matériaux de déchet solides englobés dans des phagocytes s'accumulent à la région dorsale d'un grand nombre de segments du corps.

Bien que les auteurs du mémoire n'aient pu réussir à trouver d'ouvertures pour l'expulsion des amas dorsaux de phagocytes, ils considèrent comme plausible l'hypothèse de Goodrich, suivant laquelle des orifices apparaîtraient périodiquement aux époques de maturité sexuelle et livreraient alors passage aux produits génitaux et aux amas de phagocytes.

La troisième partie concerne les entonnoirs et les tubes néphridiens des Hirudinées.

L'entonnoir de la néphridie de certains Annélides tels que *Nereis* ne laissant plus passer que du liquide servant à entraîner la sécrétion des cellules néphridiennes, on peut admettre l'existence de néphridies où, l'écoulement des produits étant assuré d'une autre façon, l'ouverture cœlomique soit absolument close. Cette disposition se trouve réalisée chez les Hirudinées : leur tube néphridien est fermé et l'entonnoir, qui conserve de grandes dimensions, a une fonction spéciale.

Les deux auteurs résument les travaux assez nombreux dans lesquels on a soutenu soit la communication entre le tube et l'entonnoir des Hirudinées, soit l'indépendance de ces organes. Leur étude soignée, tant au moyen de coupes en série qu'au moyen d'injections colorées, les a conduits à admettre comme définitivement démontrée, pour *Nephelis* et *Clepsine*, l'opinion défendue par Bolsius, c'est-à-dire l'indépendance du tube et de l'entonnoir cilié. Résultat dont on saisira la grande importance.

Le tube néphridien, sans communication directe avec le cœlome, puise dans les lacunes qui l'environnent des produits d'excrétion qu'il rejette à l'état liquide. Quant au rôle de l'entonnoir, on peut l'entrevoir à la suite d'injections colorées. En effet, à l'état normal, il n'y a jamais

que de très rares corpuscules solides dans le système circulatoire; mais si l'on injecte dans celui-ci un sérum tenant en suspension du bleu de Prusse finement pulvérisé, on trouve la cavité de l'organe cilié remplie de globules sanguins ou phagocytes chargés de grains colorés. Les entonnoirs seraient donc des organes d'élimination où viennent s'accumuler, puis se désagréger, les amibocytes ayant englobé des matériaux de déchet.

On observe donc, dans divers groupes d'Annélides, à partir de types primitifs à larges entonnoirs et où toutes les substances solides et liquides sont rejetées par la néphridie, une tendance à l'oblitération de l'orifice néphridien, d'abord étroit, puis complètement clos, cette oblitération étant naturellement accompagnée de modifications dans les procédés d'expulsion des substances solides.

Tel est le contenu du travail de MM. Willem et Minne, que je n'hésite pas à considérer comme une contribution importante à nos connaissances sur la physiologie et l'anatomie des Annélides.

Le mémoire est accompagné de quatre planches dont les figures ont été scrupuleusement dessinées par les auteurs d'après d'excellentes préparations.

Ayant assisté jour par jour aux délicates recherches des deux auteurs et ayant constaté le soin avec lequel chaque détail a été élucidé, je propose à la Classe des sciences la publication du mémoire et des planches dans le recueil des *Mémoires* in-4°. »

MM. Éd. Van Beneden et L. Fredericq se rallient à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

—

*Recherches sur l'acide phénoxacétique* (quatrième communication). *Bromuration de l'acide phénoxy-cinnamique ;* par A.-J.-J. Vandevelde.

*Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.*

« Comme suite à ses recherches précédentes sur l'acide phénoxacétique et ses dérivés, M. Vandevelde a fait l'examen de l'action du brome sur l'acide phénoxy-cinnamique :

$$C_6H_5.CH = \underset{\underset{CO_2H}{|}}{C} - O.C_6H_5$$

La réaction paraît assez compliquée : elle donne lieu à plusieurs substances parmi lesquelles l'auteur est parvenu à isoler un produit *monosubstitué*, qu'il a analysé et reconnu répondre à la formule

$$C_6H_5.CH = \underset{\underset{CO_2H}{|}}{C} - OC_6H_4Br$$

La formation de ce composé montre que l'acide phénoxy-cinnamique se comporte, vis-à-vis du brome, d'une manière semblable au phénoxacétate de phényle : le brome pénètre dans celui des noyaux cycliques qui remplit la fonction *glycolique* et non dans celui qui forme le prolongement immédiat de la chaîne carbonée de l'acide acétique.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de la note de M. Vandevelde dans le *Bulletin* de la séance. »

M. L. Henry, second commissaire, se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

—

*Contribution à l'étude de l'électricité nerveuse;*
par C. Radzikowski.

**Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.**

« Dans la première partie de son travail, l'auteur étudie le phénomène de l'*électrotonus* des nerfs, c'est-à-dire les changements électriques présentés par les parties extrapolaires d'un nerf dont une portion est traversée par un courant constant. A l'exemple de Matteucci, de Hermann et d'autres, il a construit un nerf artificiel formé d'un axe bon conducteur, entouré d'une gaine contenant une substance électrolysable.

La gaine se comporte, sous l'influence du passage du courant constant, comme la surface d'un nerf et permet de dériver, au moyen d'électrodes appropriées, un courant dirigé dans le même sens que le courant d'*électrotonus*. Le noyau est, dans ce cas, traversé par un courant dirigé en sens inverse du premier. C'est une confirmation nouvelle de la théorie qui considère l'*électrotonus* comme un phénomène de *polarisation*, dépendant, non de la vie du nerf, mais de sa structure physico-chimique.

Dans la seconde partie du mémoire, l'auteur cherche à établir que la *variation négative*, ou *courant d'action*, est également un phénomène purement physique, indépendant jusqu'à un certain point de l'excitation du nerf.

Sa démonstration me paraît moins probante que pour l'*électrotonus*.

Il a construit un modèle artificiel de nerf formé d'un noyau de magnésium entouré d'une gaine de solution de chlorure de sodium, et constaté qu'en soumettant une

portion de ce modèle à l'action d'une série de chocs d'induction, l'extrémité distale du nerf, reliée à un galvanomètre, y produisait une déviation de même sens que celle de la *variation négative*.

Avant d'identifier cette déviation galvanométrique de son nerf artificiel, soumis à des courants d'induction, avec la *variation négative* du nerf physiologique, l'auteur aurait dû, me semble-t-il, vérifier si son nerf artificiel était, comme le nerf vivant, capable de fournir la *variation négative* sous l'influence d'excitations mécaniques, chimiques, etc., et si, chez le nerf artificiel, le phénomène de la variation négative présente les mêmes particularités, si, par exemple, il consiste, comme pour le nerf vivant, dans le transport à petite vitesse (quelques mètres par seconde) d'une onde de tension négative de courte longueur.

Reprenant les faits qui se rapportent au nerf vivant, l'auteur cherche à ébranler l'opinion classique d'après laquelle les phénomènes de l'*excitation* et du *courant d'action* sont intimement liés l'un à l'autre, en montrant, entre autres faits, que les nerfs moteurs extraits du corps perdent leur excitabilité (c'est-à-dire ne sont plus capables de provoquer la contraction des muscles correspondants), à un moment où ces nerfs présentent encore la variation négative.

Je me permets de faire remarquer que la perte de *l'excitabilité* dite *indirecte* d'un nerf moteur peut dépendre, non de la mort du nerf, mais de l'altération des plaques terminales ou même des fibres musculaires, et n'est pas un indice certain de la perte de l'excitabilité proprement dite du nerf.

Tout en faisant ces quelques réserves au sujet des con-

clusions théoriques de l'auteur, je n'hésite pas à proposer à la Classe l'insertion de son intéressant travail dans nos publications. »

Ces conclusions, auxquelles se rallient MM. Masius et De Heen, sont adoptées par la Classe. Le travail de M. Radzikowski figurera dans les *Mémoires* in-8°.

—

*La raffinose considérée comme élément hydrocarboné de l'*ASPERGILLUS NIGER; par H. Gillot.

*Rapport de M. Alfr. Gilkinet, premier commissaire.*

L'auteur a cultivé l'*Aspergillus niger* dans le liquide nutritif de Raulin, en remplaçant la saccharose de ce liquide par la raffinose.

On sait que sous l'influence de la levure de bière de fermentation basse, la raffinose fermente entièrement. Avec la levure de fermentation haute, elle ne fermente qu'incomplètement, en formant de la mélibiose; sous l'influence des acides dilués, cette dernière se dédouble en dextrose et en galactose.

L'auteur a constaté d'abord l'inversion de la raffinose par l'*Aspergillus niger* et, de plus, l'utilisation complète de tout l'hydrate de carbone, ce qui lui fait admettre que l'*Aspergillus* sécrète une diastase capable d'intervertir la mélibiose en dextrose et galactose. Il constate de plus la formation transitoire d'acide oxalique, qui est ultérieurement consommé par le champignon.

Avant de conclure formellement à la production par

l'*Aspergillus* d'un ferment particulier, il y aurait lieu, me semble-t-il, d'examiner l'influence qu'exerce sur la mélibiose un milieu acide (renfermant notamment de l'acide oxalique) et jusqu'à quel point un milieu de cette nature peut ou non dédoubler la mélibiose.

La note de M. Gillot présente toutefois un certain intérêt et j'en propose l'insertion dans le *Bulletin* de la séance. »

—

*Rapport de M. A. Jorissen, deuxième commissaire.*

« Au point de vue chimique, la raffinose, mélitose, raffinotriose ou mélitriose, se caractérise notamment par la propriété de fournir trois glycoses : la lévulose, la dextrose et la galactose lorsqu'on la soumet à l'hydrolyse sous l'influence des acides dilués. De ces trois glycoses, la lévulose se forme beaucoup plus rapidement, dans les conditions indiquées, que la dextrose et la galactose : d'après Scheibler et Mittelmeier, ces deux derniers produits résulteraient du dédoublement ultérieur d'un composé intermédiaire, la mélibiose, qui prendrait naissance aux dépens de la raffinose en même temps que la lévulose.

Le processus paraît identique lorsque l'hydrolyse s'effectue sous l'influence des ferments inversifs. Si, dans certains cas, la raffinose devient intégralement fermentescible (par exemple en présence de la levure basse suivant Richbieth et Tollens), dans d'autres, et notamment lorsque l'on emploie la levure haute, suivant Scheibler, les deux tiers de la raffinose mise en œuvre ne fermentent pas et l'on retrouve dans le liquide la mélibiose,

dont le dédoublement semble nécessiter l'intervention d'une sucrase spéciale.

En résumé, la mélibiose présente une résistance particulière à l'action des acides dilués et il faut pour la dédoubler un ferment inversif distinct de celui qui provoque la formation de la lévulose aux dépens de la raffinose.

Dans la note qu'il adresse à l'Académie, M. Gillot montre que l'*Aspergillus niger* possède la propriété d'hydrolyser intégralement la raffinose et que ce dernier hydrate de carbone peut remplacer le sucre saccharose dans le liquide Raulin. Ces observations sont intéressantes au point de vue de la chimie physiologique et je me joins à mon savant collègue M. Gilkinet pour proposer l'impression de cette note dans le *Bulletin* de la séance. »

—

**Rapport de M. Errera, troisième commissaire.**

« En dehors des points signalés par mes savants confrères, les expériences de M. Gillot ont mis en évidence ce résultat intéressant que le liquide Raulin, déjà si parfait pour la culture de l'*Aspergillus niger*, peut être amélioré encore par la substitution de la raffinose à la saccharose.

Je me joins donc très volontiers à mes confrères, MM. Gilkinet et Jorissen, pour proposer l'impression de ce travail dans le *Bulletin*. »

— Adopté.

—

*Nouvelles recherches sur la distillation de la dypnone*; par Michel Ameye.

*Rapport de M. Delacre, premier commissaire.*

« L'action de la chaleur sur la dypnone donne lieu, ainsi que je l'ai observé (1), à des quantités parfois considérables de diphénylfurfurane, produit isolé par MM. Engler et Dengler (2) dans l'action de la chaleur sur l'acétophénone.

Il se forme en même temps de l'acide benzoïque, de l'acétophénone, des produits hydrocarbonés volatils et de la triphénylbenzine.

La question se pose de déterminer le rôle que joue chacun de ces corps dans la formation du triphénylbenzène, produit final de la condensation. Le diphénylfurfurane avait qualité pour attirer particulièrement l'attention.

Dans un travail présenté antérieurement à l'Académie, j'avais moi-même, en manière de conclusion et d'une façon tout à fait hypothétique, posé la question de savoir si le diphénylfurfurane n'agissait pas sur le produit hydrocarboné volatil, supposé être le styrol, pour donner, par simple élimination d'eau, le triphénylbenzène.

M. Ameye a cherché à vérifier expérimentalement cette hypothèse. Dans la note qu'il présente aujourd'hui à l'Académie, il nous rend compte des expériences qu'il

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVI, p. 535; 1893.
(2) *Berichte*, 26, p. 1444 ; 1893.

a faites dans le but de fixer la composition exacte du produit volatil de l'action de la chaleur sur la dypnone. Il a ajouté à la liste des corps qui avaient déjà été identifiés l'aldéhyde benzoïque, et conclu que les composés hydrocarbonés sont formés au moins de deux corps, l'éthylbenzène et un composé non saturé, probablement $C^9H^{10}$. De plus, fait important, il y a démontré l'absence de styrol.

Ces résultats, il est vrai, ne nous apprennent rien sur le rôle curieux du diphénylfurfurane dans la condensation de la dypnone par la chaleur, mais ils ont l'avantage d'éliminer une hypothèse séduisante, et nous apportent quelques faits précis sur une question du plus haut intérêt.

J'ai donc l'honneur de proposer à la Classe l'insertion dans les *Bulletins* de la note de M. Ameye. »

M. L. Henry, second commissaire se rallie à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

---

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

M. Charles Lagrange donne lecture d'un travail intitulé : *Sur les mouvements continus de circulation d'un fluide par l'action de centres fixes.* — Ce travail paraîtra ultérieurement.

—

## *Sur les dérivés du nitro-éthanol* $(HO)CH_2 - CH_2(NO_2)$; par Louis Henry, membre de l'Académie.

J'ai fait connaître, il y a quelque temps (*), le *nitro-éthanol bi-primaire* $(HO)CH_2 - CH_2(NO_2)$, produit de l'action de la *mono-iodhydrine éthylénique* $(HO)CH_2 - CH_2I$ sur le nitrite d'argent $AgNO_2$.

Le nitro-éthanol est le premier et le plus simple des alcools nitrés, et peut être regardé comme le type de cette classe de composés à fonctions multiples.

A ce titre, il est intéressant d'en connaître les dérivés.

Ceux-ci peuvent être répartis en deux groupes :

*a*. Ceux qui se rattachent au caractère *alcool* et qui servent à le démontrer, par le composant $H_2\underset{|}{C} - OH$ ;

*b*. Ceux qui se rattachent au caractère *composé nitré*, par le fragment $H_2\underset{|}{C} - NO_2$.

### *A*. — Caractère alcool. Composant $H_2\underset{|}{C} - OH$.

#### *Chlorure d'éthyle mononitré* α

$ClCH_2 - CH_2(NO_2)$.

J'ai déjà fait connaître ce produit, obtenu par l'action du *chloro-iodure d'éthylène* $ClCH_2 - CH_2I$ sur le nitrite d'argent $AgNO_2$ (**).

---

(*) Voir mon travail : *Sur divers composés nitrés aliphatiques*. (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, t. XXXIV, 3e sér., p. 548; 1897.)

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXIV, p. 561; 1897.

J'ai tenu à le préparer par la méthode directe, à l'aide de l'alcool nitro-éthylique lui-même.

Divers corps permettent de remplacer dans les alcools l'*hydroxyle* - OH par Cl, à savoir l'acide chlorhydrique lui-même et les chlorures du phosphore.

Le *pentachlorure de phosphore* réagit vivement sur le nitro-éthanol. On emploie ces corps en quantités équimoléculaires.

On laisse tomber goutte à goutte l'alcool sur le $PCl_5$, placé dans un ballon que l'on refroidit. Il se dégage de l'acide chlorhydrique et le produit reste blanc. Après la destruction par l'eau du $POCl_3$, on extrait l'*éthane chloro-nitré* $ClCH_2 - CH_2(NO_2)$ par l'éther.

Deux rectifications suffisent pour l'obtenir à l'état de pureté.

L'*éthane chloro-nitré bi-primaire* ainsi obtenu est identique à celui qui résulte de l'action du chloro-iodure d'éthylène sur le nitrite d'argent. C'est un liquide incolore, d'une odeur et d'une saveur très piquantes, d'une densité à 7° égale à 1.405 et bouillant à 173°-174° sous la pression de 756 millimètres.

Il présente la même inaptitude à la condensation avec le méthanal que son dérivé méthylique, le *propane nitro-chloré* 1-2 $CH_3 - CHCl - CH_2NO_2$. Le fait est d'autant plus remarquable que les dérivés halo-nitrés renfermant le corps halogène et le radical $NO_2$ fixés sur le même atome de carbone, tels que $H_2C - Br(NO_2)$, $CH_3 - CH - Cl(NO_2)$ et $H_3C - CHBr(NO_2)$, se condensent plus aisément avec cette aldéhyde.

J'ai essayé infructueusement l'action de l'acide HCl sur le nitro-éthanol pour obtenir l'éthane chloro-nitré $ClCH_2 - CH_2(NO_2)$.

Le nitro-éthanol dissout l'acide chlorhydrique, mais sans en être attaqué à froid. Une telle solution, faite dans un mélange réfrigérant, a été chauffée au bain d'eau tiède, en tube scellé, pendant plusieurs heures. Il s'y est déposé des cristaux qui ont été reconnus être du chlorhydrate d'hydroxylamine. La formation de ce corps suppose celle d'une molécule d'eau; celle-ci doit provenir de la réaction de l'acide HCl sur le côté alcool $H_2C$ - OH. En même temps le chaînon - $CH_2(NO_2)$ s'est transformé en chaînon carboxyle OC - OH. L'action de l'acide chlorhydrique gazeux sur l'éthanol nitré a donc pour aboutissant final la production de chlorhydrate d'hydroxylamine $(HO)H_2N$ - HCl et d'acide acétique monochloré $ClCH_2$ - CO(OH) (*).

*Acétate d'éthyle mononitré*

$(NO_2)CH_2 - CH_2(C_2H_3O_2)$.

Ce produit résulte de l'action de l'anhydride acétique ou du chlorure d'acétyle sur l'alcool nitro-éthylique.

On a mélangé 9 grammes d'alcool avec 10 grammes d'anhydride. Les deux liquides se dissolvent l'un dans l'autre. L'action commence à froid et se continue lentement. On l'active et on la termine en chauffant pendant quelque temps dans l'eau tiède.

On distille sous pression raréfiée. Le produit, après expulsion de l'acide acétique, passe à 118°-119°, sous la pression de 30 à 35 millimètres.

---

(*) Dans les mêmes conditions, le *propane chloro-nitré bi-primaire* $ClCH_2 - CH_2 - CH_2(NO_2)$ fournit de l'hydroxylamine à l'état de chlorhydrate cristallisé et de l'acide β chloro-propionique $ClCH_2 - CH_2$ - CO(OH), fus. 42°-43°.

Son analyse a fourni les chiffres suivants :

| | Substance. | Azote °/₀ Trouvé. | Azote °/₀ Calculé. |
|---|---|---|---|
| I. . . | 0gr,1572 | 10.47 | 10.52 |
| II. . . | 0gr,1926 | 10.36 | |

L'*acétate d'éthyle mononitré* constitue un liquide incolore, d'une odeur fraîche, d'une saveur piquante au plus haut point; il est insoluble dans l'eau et plus dense qu'elle.

A 11°, sa densité est égale à 1.2132 (*).

Il bout, comme l'alcool nitro-éthylique lui-même, à 118°-119°, sous la pression de 30 à 35 millimètres.

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 4.46.

| | |
|---|---|
| Substance . . . . . | 0gr,0352 |
| Pression barométrique . . . | 769mm |
| Mercure soulevé . . . . . | 650mm |
| Tension de la vapeur. . . . | 119mm |
| Volume de la vapeur. . . . | 66cc |
| Température . . . . . | 185° |

La densité calculée est 4.59.

Le *chlorure d'acétyle* réagit aussi vivement et dès la température ordinaire sur le nitro-éthanol. L'acide chlorhydrique se dégage et n'attaque pas le composant nitré $H_2C-NO_2$, à froid du moins. L'insolubilité de l'*acétate d'éthyle mononitré* $(NO_2)CN_2-CH_2(C_2H_3O_2)$, produit dans ces conditions, permet de le retirer aisément.

(*) Il est plus léger que l'alcool nitro-éthylique. Des rapports inverses se constatent entre l'alcool et son éther acétique.

### *Oxyde d'éthyle mononitré*

$(NO_2)H_2C - CH_2(OC_2H_5)$.

On l'appellerait aussi bien l'*éther nitro-éthylique*.

Ce corps résulte de l'action de l'*éther éthylique monoiodé primaire* $ICH_2 - CH_2(OC_2H_5)$ sur le nitrite d'argent, comme tel. On chauffe au bain d'eau dans un appareil à reflux et on rectifie plusieurs fois le produit sur du nitrite d'argent, afin de faire disparaître totalement l'iode.

L'analyse de ce produit a fourni les chiffres suivants :

| | Substance. | Azote % Trouvé. | Azote % Calculé. |
|---|---|---|---|
| I. . . | 0gr,1656 | 11.47 | 11.77. |
| II. . . | 0gr,1278 | 11.33 | |

L'*oxyde d'éthyle mononitré* constitue un liquide incolore, mobile, d'une odeur piquante, d'une saveur amère et piquante, insoluble et plus dense que l'eau.

Sa densité à 16° est égale à 1.148.

Il bout sous la pression de 760 millimètres à 178°.

C'est le point d'ébullition que lui assigne l'analogie :

*a*) $\begin{array}{l} CH_2 - Cl \\ | \\ CH_2 - OH \end{array}$ Éb. 130° $\begin{array}{l} CH_2(OC_2H_5) \\ | \\ CH_2 - OH \end{array}$ Éb. 134°

Différence : 4°.

$\begin{array}{l} CH_2 - Cl \\ | \\ CH_2 - NO_2 \end{array}$ 175°-174° $\begin{array}{l} CH_2(OC_2H_5) \\ | \\ CH_2 - NO_2 \end{array}$ 178°

Différence : 4°.

b) $\begin{array}{l} CH_2 - Cl \\ | \\ CH_2 - OH \end{array}$ Éb. 130° $\begin{array}{l} CH_2 - Cl \\ | \\ CH_2 - NO_2 \end{array}$ Éb. 174°

Différence : 44°.

$\begin{array}{l} CH_2 - OC_2H_5 \\ | \\ CH_2 - OH \end{array}$ 134° $\begin{array}{l} CH_2 - OC_2H_5 \\ | \\ CH_2 - NO_2 \end{array}$ 178°

Différence : 44°.

Sa densité de vapeur, déterminée selon la méthode de Hoffmann, a été trouvée égale à 3.97.

| | |
|---|---|
| Substance . . . . . | 0gr,0324 |
| Pression barométrique . . . | 749mm |
| Mercure soulevé . . . . . | 687mm |
| Tension de la vapeur . . . | 62mm |
| Volume de la vapeur . . . . | 114cc,8 |
| Température . . . . . | 130° |

La densité calculée est 4.11.

En sa qualité d'alcool primaire, le nitro-éthanol $(NO_2)CH_2 - CH_2(OH)$ doit pouvoir fournir, sous l'action des agents oxydants, les deux dérivés caractéristiques, aldéhyde $\begin{array}{l} HC - O \\ | \end{array}$ et acide $\begin{array}{l} OC - OH \\ | \end{array}$, l'aldéhyde nitro-acétique $(NO_2)CH_2 - CHO$ et l'acide nitro-acétique $(NO_2)CH_2 - CO(OH)$.

Je ne dois pas insister sur l'intérêt que présentent ces deux composés. Aussi, c'est avec un grand regret que je constate l'insuccès des essais tentés pour les obtenir, à l'aide du mélange chromique.

La substitution du radical $NO_2$ à H détermine une notable élévation dans le point d'ébullition. On remarquera toute la différence qu'il y a, sous ce rapport, entre

les divers composés en $C_2$ suivant la nature du radical X renfermé dans le chaînon $H_2CX$, voisin de $H_2C - NO_2$.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_2C - H$ | Éb. | $-104°$ | $H_2C - H$ | Éb. | $113°$ |
| $H_2C$ | | | $H_2C - NO_2$. | | |

Différence : 217°.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H_2C - Cl$ | $12°$ | $H_2C - Cl$ | $174°$ |
| $H_2C$ | | $H_2C - NO_2$ | |

Différence : 162°.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H_2C - OC_2H_5$ | $35°$ | $H_2C - OC_2H_5$ | $178°$ |
| $H_2C$ | | $H_2C - NO_2$ | |

Différence : 143°.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H_2C - OH$ | $78°$ | $H_2C - OH$ | $194°$ |
| $H_2C$ | | $H_2C - NO_2$ | |

Différence : 116°.

### *B*. — Caractère nitré. Composant $H_2C - NO_2$.

*Nitro-éthanol et méthanal* $H_2C = O$.

La capacité de condensation aldéhydique du nitro-éthanol doit être égale à *deux*, du chef du composant bihydrogéné $H_2C - NO_2$, selon la règle que j'ai formulée et qui a reçu à diverses reprises de si intéressantes confirmations.

Je me suis efforcé de mettre le fait en lumière à l'aide

du méthanal $H_2 = O$, dont l'aptitude réactionnelle est au maximum parmi les aldéhydes.

Les dérivés du méthanal sont d'ailleurs ceux qui me paraissent devoir offrir le plus d'intérêt.

Le nitro-éthanol devrait pouvoir se condenser de deux manières avec le méthanal :

*a*. D'une manière *incomplète*, avec une seule molécule de méthanal, pour former le *glycol triméthylénique mononitré*

$$\begin{array}{l} H_2C(NO_2) \\ | \\ H_2C - OH \end{array} + CH_2 = O = \begin{array}{l} H_2C - OH \\ | \\ HC - NO_2 \\ | \\ H_2C - OH; \end{array}$$

*b*. D'une manière *complète*, avec deux molécules de méthanal, pour produire la *glycérine nitro-isobutylique* tertiaire

$$\begin{array}{l} H_2C - NO_2 \\ | \\ HC_2 - OH \end{array} + 2CH_2 = O = (NO_2)C - (CH_2 - OH)_3,$$

la même qui résulte de la condensation triple du nitrométhane $H_3C - NO_2$ avec le méthanal (*).

J'ai tout d'abord réalisé la condensation complète.

5 grammes de nitro-éthanol ont été mélangés avec 9 grammes de la solution à 40 % de méthanal. Les deux liquides aqueux se dissolvent l'un dans l'autre. L'addition d'un fragment de $K_2CO_3$ détermine la réaction. On agite. Le thermomètre monte lentement de 17° à 46°

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXX, p. 25, 1895.

environ. Le mélange liquide s'épaissit et se colore en brun. Quelques gouttes d'acide HCl aqueux font disparaître cette coloration.

Je ferai remarquer que la réaction est beaucoup plus vive avec le nitro-éthane lui-même; dans celui-ci, le composant $H_2C - NO_2$ représente 80 °/₀ du poids total de la molécule et seulement 65.93 °/₀ dans le nitro-éthanol.

Le produit brut abandonné sur l'acide sulfurique dans le vide s'épaissit à la longue et se transforme en une masse solide composée de grandes aiguilles cristallines. On les fait recristalliser dans l'eau. Leur aspect extérieur et leur point de fusion (158°) démontrent que ce composé, résultat d'une condensation complète avec le méthanal, n'est autre chose que la *glycérine nitro-isobutylique* (*)

$$(NO_2)C < \begin{matrix}(CH_2 - OH)_2 \\ CH_2 - OH.\end{matrix}$$

*Nitro-éthanol et alcool méthyléno-pipéridique*

$$(NO_2)CH_2 - CH_2(OH) + \left(H_2C < \begin{matrix}OH \\ N\end{matrix} = (CH_2)_5\right)_2.$$

Ces deux corps réagissent vivement au sein de l'eau. Il y a un notable échauffement.

On a introduit 3 grammes de nitro-éthanol dans la quantité correspondante — 2 molécules — du produit de l'action de la *pipéridine* $C_5H_{10} = NH$ sur le méthanal en solution aqueuse, en ayant soin de bien refroidir. Le liquide se trouble et il se sépare une huile jaunâtre qui se prend après quelque temps en une masse solide, dure.

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXX, p. 25; 1895.

On fait cristalliser dans l'éther ou l'alcool. Le rendement est intégral.

Ce composé répond à la formule

$$(HO)CH_2 - C < \begin{matrix} NO_2 \\ (CH_2 - N = C_5H_{10})_2 \end{matrix}.$$

Son analyse a fourni les chiffres suivants :

| | Azote °/₀ Trouvé. | Azote °/₀ Calculé. |
|---|---|---|
| I. . . | 14.42 | 14.73 |
| II. . . | 14.65 | |

Ce produit, cristallisé de l'alcool ou de l'éther, constitue de fines aiguilles de couleur quelque peu jaunâtre, exhalant une assez forte odeur aromatique, sans saveur bien sensible.

Il est insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool et l'éther.

Il fond à 94°-95°.

Le dérivé correspondant du nitro-éthane $H_3C - C < \begin{matrix} NO_2 \\ (CH_2 - N = C_5H_{10})_2 \end{matrix}$ (*) fond à 98°-99°.

## Dérivés sodés.

Au nitro-éthanol, à la fois *alcool* et *dérivé nitré*, correspondent *trois* dérivés sodés :

*a*. Deux dérivés *monosodés*, un par le côté *alcool* $(NO_2)CH_2 - CH_2ONa$, et un par le côté *nitré* $(NO_2)HNaC - CH_2 - OH$;

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXII, p. 36; 1896.

*b.* Un dérivé *bisodé* $NaHC-NO_2$
$H_2C-ONa$.

Ce que l'on connaît de la différence d'intensité du caractère acide dans l'*alcool méthylique* et le *nitro-méthane*, dont les fragments $H_2C-OH$ et $H_2C-NO_2$ constituent par leur soudure le nitro-éthanol, autorise à conclure que le dérivé *monosodé alcool* $H_2C-ONa$ n'existe pas et ne peut pas exister (*). Aussi les dérivés nitrés monosodés se préparent-ils aisément par l'action du méthylate ou de l'éthylate sodique sur le composé nitré lui-même.

Dans la solution du nitro-éthanol dans l'éther, on a introduit l'éthylate sodique en solution alcoolique; il s'est formé un précipité blanc, pulvérulent, de nitro-éthanol monosodé $NaHC(H_2O_2)$. Celui-ci présente les propriétés qu'assigne à ce composé M. Victor Meyer (**). Il a fourni à l'analyse les nombres suivants :

| | Substance. | $Na_2SO_4$ | Na °/₀ |
|---|---|---|---|
| I . . . | 0gr,1624 | 0gr,0978 | 19.51 |
| II . . . | 0gr,2282 | 0gr,1402 | 19.90 |

La formule $NaHC(NO_2)-CH_2(OH)$ correspond à 20.35 °/₀ de sodium.

Le sodium lui-même attaque vivement, dès la tempé-

---

(*)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $CH_3-OH$ dissous | + | NaOH | dissoute | = | 0.04 calories. |
| Id. | + | KOH | Id. | = | 0.11 |
| $CH_3-NO_2$ dissous | + | KOH | Id. | = | 7.0 calories. |
| $C_2H_5OH$ dissous | + | NaOH | Id. | = | - 0.09 |
| Id. | + | KOH | Id. | = | + 0.02 |
| $C_2H_5-NO_2$ dissous | + | KOH | Id. | = | + 10.1 |

(**) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CCLVI, p. 31; 1889.

rature ordinaire, le nitro-éthanol dissous dans l'éther anhydre. Il se forme le même composé monosodique $(NO_2)NaHC - CH_2 - OH$, sous forme de poudre blanche insoluble, qu'avec le méthylate de sodium.

## Appendice.

Je profiterai de l'occasion pour faire connaître une nouvelle *glycérine mononitrée* en $C_7$. Il s'agit du produit d'addition du méthanal $H_2C = O$ à l'alcool *nitro-amylique* $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CH(OH) - CH_2 - NO_2$, ou *nitro-isopentanol*, lequel est lui-même le résultat de la condensation du *nitro-méthane* $H_3C - NO_2$ avec l'*aldéhyde isobutylique* $\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} > CH - CHO$ (*).

A 4 grammes d'alcool nitro-amylique, on a ajouté 6 grammes de solution aqueuse de méthanal à 40 °/₀. Les deux liquides se dissolvent l'un dans l'autre.

La combinaison s'effectue par l'addition de quelques fragments de $K_2CO_3$ et l'agitation. Le thermomètre qui plongé dans le liquide marquait d'abord 14° s'est élevé jusqu'à 40°. Le tout reste dissous. On extrait le produit par l'éther. Après la disparition de celui-ci, le produit cristallise à la longue.

L'analyse de ce produit a fourni les chiffres suivants :

| | Azote °/₀ | |
|---|---|---|
| | Trouvé. | Calculé. |
| I. . . | 6.95 | 7.25 |
| II. . . | 6.95 | |

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXIII, p. 420; 1897.

Cristallisé de l'eau, ce corps se présente sous forme d'aiguilles de dimension moyenne, parfaitement incolores, exhalant une faible odeur d'aldéhyde isobutylique, d'une saveur légèrement amère.

Il est soluble dans l'eau, également soluble dans l'alcool et l'éther.

Il fond à 103°-104° en tube capillaire.

J'adresse, en terminant, tous mes remerciements à mon zélé préparateur, M. Aug. Dewael, pour sa collaboration active et fructueuse dans ces recherches.

—

*Sur la réalisation d'un liquide optiquement vide;*
par W. Spring, membre de l'Académie.

On sait depuis longtemps qu'un éclairage puissant rend visibles les poussières répandues dans l'air : celles-ci s'illuminent en quelque sorte et circulent comme des points brillants dans le faisceau lumineux. Si les grains de poussière sont d'une ténuité telle qu'un examen au microscope ne saurait les révéler, le rayon lumineux les découvre encore, mais l'aspect du phénomène est différent : au lieu de particules s'agitant en tout sens, on ne voit plus que la trace tranquille de la lumière, et l'air apparaît comme lumineux par lui-même. Il est toutefois aisé de s'assurer que cette *illumination* de l'air est provoquée par la présence de corpuscules solides. Si l'on place un tisonnier rougi sous le faisceau lumineux, l'illumination cesse, en cet endroit, par suite de la suppression, par combustion, des grains de poussière. Tyndall, à qui l'on doit cette vérification, conclut justement de

là que les poussières de l'air sont de nature carbonée, c'est-à-dire organique.

On se rappelle aussi que le célèbre physicien anglais s'est servi de cette propriété de la lumière de *s'irradier* sur les corps suspendus dans un milieu, pour étudier les condensations nuageuses que la lumière électrique détermine au sein d'un gaz raréfié renfermant des vapeurs décomposables. Il conclut à la formation véritable de gouttelettes infiniment petites dont la présence n'aurait pu être autrement soupçonnée, et il dit explicitement que l'illumination d'un gaz sous l'action d'une lumière puissante prouve que celui-ci est chargé de particules plus denses, en d'autres termes, *qu'il n'est pas optiquement vide*. On connaît l'emploi qu'il a fait de cette remarque pour expliquer la luminescence du ciel et l'origine de sa couleur bleue.

Peu de temps après que Tyndall eut publié le résultat de ses recherches, A. Lallemand, professeur à Lyon (1), éclaira de son côté, par un faisceau de rayons solaires, différents liquides soigneusement distillés, tels que l'eau, les acides azotique et chlorhydrique, l'ammoniaque, ainsi qu'un grand nombre de liquides d'origine organique : sulfure de carbone, hydrocarbures, etc. Chaque fois il put constater une *illumination* : ces liquides ne laissaient pas passer simplement la lumière, mais ils la renvoyaient en même temps dans toutes les directions autour de l'axe du faisceau.

Lallemand avait reproduit de la sorte, au moyen de liquides, les expériences faites par Tyndall sur les mé-

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 189; 1869.

langes de gaz raréfiés; mais la conclusion qu'il en tira fut bien différente. Se refusant à croire qu'un liquide distillé avec tous les soins voulus pût renfermer des particules en suspension, quelque microscopiques qu'elles fussent, il pensa que l'on ne devait plus invoquer un effet de réflexion *particulaire*, mais attribuer nécessairement l'illumination à une propagation latérale du mouvement vibratoire de la lumière au sein de l'éther condensé du milieu réfringent. Il supposa même « qu'il existe, pour chaque corps transparent et pour chacune des radiations simples, un coefficient d'illumination complémentaire du coefficient de transmission », et que « l'absorption partielle d'une radiation simple par une épaisseur déterminée de ce milieu, résulte de la propagation latérale du mouvement vibratoire qui lui correspond ».

Ces conclusions étaient de la plus haute importance pour la théorie physique de la lumière et, partant, pour l'interprétation des phénomènes lumineux observés dans la nature, particulièrement dans les eaux des mers et des lacs. Elles ne furent cependant pas acceptées sans contestation.

J.-L. Soret avait déjà attribué les phénomènes d'illumination des eaux naturelles à la présence de corpuscules en suspension et, dans un article intitulé : *Sur l'illumination des corps transparents* (1), il combattit la manière de voir de Lallemand. Sans faire état des objections théoriques que celle-ci peut soulever, il cita les résultats auxquels il était arrivé lui-même en poursuivant ses expériences sur ce sujet et il répéta que c'est bien à des particules en

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 1192; 1869.

suspension qu'il fallait attribuer l'*illumination* des corps en général et celle de l'eau en particulier.

Toutefois les expériences de Soret n'ont pas fourni une preuve décisive, car elles n'ont pu être faites à l'aide d'un liquide *optiquement vide*. Les liquides soumis à l'examen montraient, d'une manière persistante, la trace du faisceau lumineux qui les éclairait; ils n'étaient donc pas *optiquement vides*. La distillation, conduite avec les plus grandes précautions, produisait bien une atténuation de l'*illumination*, mais jamais son extinction totale.

L'éminent physicien de Genève dit lui-même que « ses expériences montrent la difficulté, si ce n'est l'impossibilité, d'obtenir de l'eau absolument privée de corpuscules en suspension ».

La solution du problème tournait donc dans un cercle vicieux; on concluait de l'illumination à la présence de particules sans s'être assuré par un autre moyen de leur présence réelle. Il est dès lors bien naturel que Lallemand ait maintenu son opinion dans la réponse qu'il a faite (1) aux critiques de Soret. Il était d'ailleurs poussé par des observations qui lui paraissaient indépendantes de la présence des corpuscules. Il avait cru voir que les liquides s'illuminaient avec d'autant plus d'intensité que leur densité est plus grande et leur indice de réfraction plus élevé : ainsi, une solution saturée de phosphore dans le sulfure de carbone, donnait une illumination latérale bien supérieure à celle du sulfure de carbone pur. D'un autre côté, Lallemand avait constaté l'illumination de corps solides tels que les verres employés par les opti-

(1) *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 1294; 1869.

ciens, et il lui semblait impossible d'invoquer, dans ce cas, la *réflexion* particulaire (1).

En somme, la question est restée ouverte : nous ne savons pas encore d'une manière certaine si, oui ou non, l'illumination des liquides sous l'influence d'un éclairage intense est la manifestation d'une propriété particulière de la matière transparente ou seulement le résultat d'un accident dû à la présence de substances étrangères, de réfrangibilité différente de celle du milieu qui les contient. J'ai pensé que le problème valait la peine d'être poursuivi, non seulement parce qu'il touche à un point fondamental de la physique, mais aussi parce qu'il n'est pas étranger, ainsi que je l'ai fait remarquer plus haut, à l'interprétation de certains phénomènes observés dans les eaux de la nature.

Le but de la présente note est de faire connaître le résultat de mes observations. On verra qu'elles démontrent véritablement que l'*illumination* n'est qu'accidentelle et qu'elle n'apparaît, comme propriété physique des liquides homogènes, que si l'on a affaire à une substance *fluorescente* dans l'acception vraie du mot.

### *Expériences nouvelles.*

La méthode à suivre dans la solution de la question qui nous occupe devait se trouver dans la réalisation d'un liquide *optiquement vide*. En cas de succès, le problème pouvait être regardé comme résolu.

---

(1) Je m'occuperai, dans un article à venir, de l'illumination des corps solides observée aussi par Lallemand. Celle-ci me paraît de nature particulière, autant que je puis en juger par les expériences en cours d'exécution.

J'ai essayé de débarrasser les liquides des particules solides qu'ils pouvaient tenir en suspension par différents procédés; les uns ont été inefficaces, mais les autres ont réussi. Je les ferai connaître tous à titre de renseignement, sans cependant m'étendre plus qu'il n'est utile sur les premiers.

### 1. — *Distillation.*

J'ai opéré sur l'eau ainsi que sur diverses substances organiques (hydrocarbures, dérivés halogénés, alcools), mais j'ai chaque fois échoué. Il est même curieux de constater que de l'eau alimentaire de la ville s'illuminait *davantage* après sa distillation qu'auparavant. La distillation retenait bien les matières *fixes* solubles, mais ne paraissait pas améliorer l'eau sous le rapport de sa *transparence.*

La distillation des corps organiques a été bien loin aussi de les rendre plus limpides. Même les corps à point d'ébullition peu élevé, tels que les hydrocarbures saturés ou l'alcool méthylique, gagnaient moins en transparence, à la suite d'une distillation répétée, que l'eau elle-même. C'est que, bien probablement, ils *mouillent* mieux et engloutissent plus facilement que l'eau les fines poussières de l'air qui sont, comme on le sait, pour la plus grande partie, de nature organique.

Cette manière de se comporter à la distillation explique sans doute pourquoi Lallemand a pu observer une illumination plus forte des matières organiques que de l'eau, et comment il a pu être amené à tirer de là une conclusion à laquelle il a été fait allusion plus haut. Nous verrons plus loin que les hydrocarbures à point d'ébulli-

tion très élevé accusent une *fluorescence* propre. Celle-ci, jointe à l'illumination due au défaut de transparence, peut faire comprendre comment Lallemand a rattaché ce phénomène à l'accroissement de la densité et de la réfrangibilité.

La distillation n'ayant donné qu'un résultat négatif au regard de la transparence des liquides, il est inutile de reproduire le détail des précautions qui ont été prises pour dépouiller les appareils distillatoires des poussières qui pouvaient adhérer à leur surface et pour opérer dans un air aussi pur que possible; il me suffira de dire que je me suis placé dans les conditions indiquées par Stas (1) quand il a préparé des corps ne révélant plus la raie du sodium à l'examen spectral. Soret n'a donc certainement pas eu tort de mettre en doute (voir plus haut) la possibilité même d'obtenir de l'eau optiquement vide, par la voie de la distillation.

### 2. — *Filtration.*

La distillation étant sans effet satisfaisant, j'ai essayé la filtration. Comme on avait constaté, depuis longtemps, qu'un tampon d'ouate convenablement tassé et suffisamment épais, retenait les poussières de l'air au point de rendre celui-ci optiquement vide (2), j'ai voulu m'assurer si les poussières des liquides ne seraient pas retenues

---

(1) J.-S. Stas, *Recherches chimiques et études spectroscopiques sur différents corps simples. (Œuvres posthumes.)* (Mém. in-4° de l'Acad. roy. de Belgique, t. XLIX, pp. 9 à 27; 1892.)

(2) Voir Tyndall, *Fragments scientifiques*, traduction de H. Gravez; Paris, 1877.

également dans des conditions favorables. Le résultat de mes essais a été désastreux, surtout pour l'eau : après la filtration sur l'ouate, la transparence avait énormément diminué, et en répétant la filtration sur le même tampon jusque vingt fois, il ne s'est produit aucune amélioration. L'ouate, loin de retenir les poussières de l'eau, lui cède celles qu'elle avait enlevées à l'air et, ainsi lavée, elle est privée de la propriété de retenir les corpuscules autrement que comme obstacle mécanique. Il est à supposer que l'ouate sèche retient les poussières de l'air non par *simple filtration*, mais par suite d'un pouvoir d'adhérence spécial, dû soit à une trace d'humidité, soit, peut-être, à un état électrique des fibres du coton sec qui vient d'être froissé. Toujours est-il que ces poussières enlevées par l'action d'un liquide, se répartissent dans celui-ci d'une façon homogène, comme si elles étaient douées d'un pouvoir répulsif vis-à-vis d'elles-mêmes.

Après l'ouate, j'ai essayé le *noir animal* comme filtre. J'étais parvenu, en effet, dans un travail précédent (1), à préparer des solutions de différents sels incolores, transparents au point de laisser passer visiblement la lumière du ciel serein par une épaisseur de 26 mètres, en filtrant, à plusieurs reprises, ces solutions sur une colonne de noir animal de 10 centimètres de haut. J'ai donc agité, d'abord, chacun des liquides à examiner avec du *noir animal* préalablement calciné au rouge en vase clos, puis je l'ai soumis à une filtration répétée sur une couche de *noir* couvrant une couche de perles de verre. Lorsque le filtre est formé, c'est-à-dire quand le liquide n'entraîne plus de

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXI, p. 640; 1896.

parcelles de charbon, on obtient, à la vérité, par ce procédé, un *filtrat* paraissant absolument limpide à la lumière du jour; néanmoins, il *s'illumine* encore, bien que faiblement, sous l'influence de la lumière électrique condensée par un système de lentilles en un faisceau conique. Les liquides organiques se sont comportés comme l'eau, c'est-à-dire qu'ils se sont *améliorés* par la filtration sur le noir animal, mais ils n'ont jamais perdu tout à fait leur faculté de s'illuminer.

Je ne m'arrêterai pas davantage à ces procédés inefficaces pour passer immédiatement à la relation de ceux qui m'ont donné décidément un résultat ne laissant rien à désirer.

### 3. — *Électricité.*

J'avais constaté, l'année précédente (1), qu'un liquide tenant en suspension des particules si fines qu'elles ne se déposaient plus par le repos, se clarifiait lentement par l'action d'un courant électrique de forte tension, mais de faible intensité. C'était, en somme, une application particulière d'une expérience par laquelle Faraday avait prouvé l'électrisation polaire des corps mauvais conducteurs.

Des brins de fils de soie dispersés dans de l'essence de térébenthine accourent, selon Faraday, de tous les points du liquide et forment une chaîne continue d'un pôle à l'autre de la communication électrique.

J'ai donc formé un léger précipité de silice dans de

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXXV, p. 780; 1898.

l'eau pure et j'ai exposé le liquide déposé dans un tube de verre en U à l'action d'un courant de 16 volts, fourni par un accumulateur. Après huit à neuf heures, la silice s'était rassemblée à la *cathode*, tandis qu'à l'*anode* le liquide était devenu complètement limpide. En plaçant alors la branche *anodique* du tube en U dans le rayon condensé de la lumière électrique, *je n'ai pu constater aucune trace d'illumination*. L'expérience devient très démonstrative si l'air du laboratoire tient des poussières en suspension, ou si on lance une légère fumée sur le chemin de la lumière. L'air s'illumine alors de manière à laisser voir nettement le cône lumineux, mais celui-ci s'interrompt brusquement, comme s'il était coupé, à l'endroit où il entre dans le tube en U, pour reparaître sans altération à sa sortie.

Pour varier les conditions de cette expérience, j'ai préparé ensuite une solution d'hydrate de fer colloïdale. Elle titrait 0.352 de $Fe_2O_3$ par 100 centimètres cubes d'eau et paraissait absolument limpide à la lumière du jour; mais à la lumière électrique, elle s'illuminait d'une manière intense. Soumise à l'action de l'électricité dans le tube en U, elle a été complètement *coagulée* après dix heures.

Le liquide limpide dans lequel plongeait l'anode de platine s'est montré optiquement vide comme le précédent; du côté de la cathode, le résultat a été moins complet; mais le fait peut être dû à cette circonstance que l'hydrate colloïdal chemine de l'anode vers la cathode et que des particules pouvaient donc n'être pas encore entièrement déposées en cet endroit.

Enfin, j'ai répété cette expérience au moyen d'eau tenant en suspension soit de l'hydrate de zinc, soit de

l'hydrate de cadmium. Le trouble a été repoussé dans l'un et l'autre cas à partir de l'anode et, après sept à huit heures, le liquide était devenu également *vide* au point de vue optique : il ne s'illuminait plus.

### 4. — *Enveloppement des corpuscules.*

Dans les expériences précédentes, la clarification de l'eau peut être due à l'action de l'électricité; cependant le fait n'est pas certain. On peut supposer aussi qu'elle n'est qu'un résultat *secondaire* de la coagulation électrique du trouble colloïdal. Celui-ci, en se déposant lentement, envelopperait les particules auxquelles l'illumination doit son origine et les entraînerait totalement dans sa chute; on aurait affaire, en somme, à un véritable *collage*, mais à un collage plus délicat et plus parfait que celui de la clarification d'un liquide trouble à la suite de la coagulation, dans son sein, d'une solution d'albumine ou de gélatine.

Pour vérifier ce que cette supposition peut avoir de fondé, j'ai préparé d'abord une solution étendue d'acide silicique. Bien que d'apparence limpide, elle s'illuminait fortement dans la lumière électrique.

Je l'ai additionnée ensuite de quelques centimètres cubes d'eau de chaux, bien déposée, et je l'ai agitée fortement dans un flacon bouché pour empêcher le contact de l'air. Le liquide, qui s'était troublé par suite de la formation de silicate de calcium, a été abandonné au repos absolu. Après une semaine, il était clarifié et, *examiné dans le flacon même*, à l'aide de la lumière électrique, *il ne s'est plus illuminé;* tout au plus pouvait-on voir quelques points briller dans la partie voisine du fond

du flacon, là où gisait le dépôt de silicate. C'étaient évidemment des corpuscules de silicate en retard de dépôt.

Au lieu d'une solution d'acide silicique, j'ai fait usage alors d'une solution d'acide carbonique que j'ai additionnée d'eau de chaux. On sait que le carbonate de calcium ainsi formé apparaît d'abord à l'*état amorphe*, peut-être colloïdal, car il demeure en suspension dans l'eau s'il n'est pas trop abondant, mais, après quelque temps, il cristallise et se dépose. En examinant le liquide limpide, *en ayant soin de ne pas ouvrir le flacon*, on le trouve aussi *optiquement vide*.

J'ai déterminé ensuite la précipitation d'hydrates d'aluminium, de fer, de zinc, de cadmium *en vase clos*, en ajoutant un volume convenable d'une solution de potasse à une solution étendue de chlorures de ces métaux. Après agitation prolongée et repos de plusieurs jours, les liquides étaient devenus également *optiquement vides* dans chaque flacon.

Ces faits prouvent qu'un précipité qui se forme d'abord à l'état *gélatineux*, entraîne dans sa chute la totalité des poussières primitivement suspendues dans l'eau. Ce qui justifie sans doute cette conclusion, c'est que la précipitation du sulfate de baryum ou de l'oxalate de calcium, qui sont grenus, comme on sait, et non gélatineux, *en vase clos et à chaud*, n'a pas donné de résultat constant; l'eau était tantôt plus facile à illuminer, même après un long repos, et tantôt moins facile qu'avant le dépôt des sels de baryum ou de calcium.

Après avoir constaté ces faits, j'ai tenu à m'assurer si une filtration directe de l'eau à travers les précipités gélatineux d'hydrates de fer ou d'alumine ne pouvait produire un liquide ne s'illuminant plus. Le résultat a

confirmé les observations précédentes : la filtration ayant lieu *dans l'air*, l'eau gagne manifestement de la transparence en passant par les hydrates, mais elle ne devient cependant pas optiquement vide. Le faisceau de lumière électrique y découvre des corpuscules dont le nombre paraît en rapport avec le degré de pureté de l'air. Après un temps de pluie, j'ai obtenu une eau presque vide, tandis que par un vent sec il en a été autrement.

Cette expérience dit pourquoi l'eau alimentaire de la ville de Liége est plus transparente que l'eau distillée. Elle est en réalité de l'eau pluviale *filtrée en vase clos*, à travers les terrains de marne argileuse dans lesquels ont été creusées les galeries de captation. Si l'on abandonne à l'air libre cette eau si transparente, on constate qu'il suffit d'un jour ou deux pour qu'elle s'illumine fortement dans la lumière électrique.

On comprend aussi pourquoi *la distillation et la filtration en général* ne peuvent fournir des liquides transparents; sans doute réussirait-on, s'il était possible de pratiquer ces opérations complètement à l'abri de l'air, comme on peut le faire dans la *précipitation*.

J'ai essayé de débarrasser aussi les liquides organiques de leurs poussières par le procédé de l'*enveloppement*, mais je me suis heurté à un obstacle. Quand on agite de l'alcool méthylique ou éthylique avec de l'hydrate de zinc en poudre, la *sédimentation* de celui-ci ne se fait plus complètement, comme c'était le cas avec l'eau. On sait d'ailleurs, par les travaux de Bodländer (1) ainsi que par mes propres observations (2), que la sédimentation ne se

---

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie,* Bd II, S. 147; 1893.

(2) *Bull. de l'Acad roy. de Belgique,* 3e sér., t. XXXV, p. 780; 1898.

fait bien que si le liquide est *électrolyte* à un certain degré. Les substances organiques neutres ne sont pas douées de cette propriété; aussi conservent-elles plus facilement un trouble fin en suspension.

Il n'est donc pas possible de s'assurer, par la méthode dont il est question ici, si un liquide organique possède un pouvoir d'illumination propre ou accidentel. J'incline cependant à regarder les liquides organiques comme ayant une faible *fluorescence* dans la lumière électrique à partir de l'étage $C_4$ ou de l'étage $C_5$, parce que, en interposant entre eux et la source lumineuse un écran jaune (solution d'acide picrique), *on supprime en partie* l'illumination. Celle-ci paraît donc due non seulement à la puissance de l'éclairage, mais encore à la nature des ondes lumineuses, comme on le voit dans le cas de la fluorescence. Il en était manifestement ainsi avec les hydrocarbures aliphatiques et cycliques que j'ai examinés ainsi qu'avec l'acétate d'amyle et le benzoate d'éthyle. Toutefois il est difficile de se prononcer avec certitude dans cette région du phénomène de l'illumination où deux causes semblent intervenir à la fois.

### *Observations au sujet des corpuscules qui provoquent l'illumination.*

Tyndall s'est assuré que les poussières qui s'illuminent dans l'air sont de nature organique : il n'en est pas toujours de même de celles qui s'illuminent dans l'eau. Quand j'ai soumis à l'éclairage électrique l'eau alimentaire de la ville, le faisceau lumineux ne s'est pas révélé par une *traînée d'aspect uniforme, laiteux,* mais plutôt

par des points brillants dont on pouvait constater le mouvement quand on les examinait à la loupe; ils ressemblaient alors à des paillettes irisées de toutes couleurs. La même chose pouvait s'observer avec d'autres échantillons d'eau bien limpide, surtout avec les solutions d'acide carbonique. La variété des couleurs démontrait que ces particules n'avaient pas toutes la même épaisseur. On se trouvait, en effet, en présence d'un phénomène de coloration dû à une interférence et non à des matières colorées par elles-mêmes. Il était possible que ces paillettes ne fussent rien autre chose que des bulles de gaz microscopiques, se formant aux endroits où se trouvaient des grains minuscules de poussières solides; par suite de leur petitesse extrême, elles ne pouvaient monter rapidement à la surface du liquide. Pour m'assurer de la chose, j'ai fait le vide au-dessus de l'eau contenue dans un ballon en verre et, effectivement, lorsque la dépression fut suffisante, le spectacle de l'illumination devint frappant : chacune des paillettes colorées avait grossi et, dans la même mesure, la réflexion latérale de la lumière avait augmenté. Il s'était formé des milliers de perles lumineuses qui ont gagné, en peu d'instants, la surface du liquide. Ceci prouve bien que le liquide renfermait des vésicules gazeuses.

J'avais espéré rendre le phénomène plus visible encore en employant, dans une autre expérience, de l'eau saturée de gaz; mais il n'en a pas été ainsi. Une solution concentrée d'acide carbonique donne, dans les conditions indiquées, des bulles trop grosses dès le début, et celles-ci bouleversent le liquide au point de rendre l'observation impossible.

J'ai fait alors une vérification inverse. De l'eau alimentaire placée dans une auge en verre recevait, goutte à goutte, une solution saturée d'acide carbonique s'écoulant par un tube en verre finement effilé, tandis qu'elle se trouvait éclairée par la lumière électrique. Chaque goutte avait de la sorte passé par l'air. Au moment où elle tombait dans l'eau alimentaire, elle déterminait *comme un trouble;* on eût dit que l'on versait de l'eau salie dans de l'eau propre.

En insufflant, enfin, de l'air du laboratoire dans de l'eau optiquement vide, décantée avec soin dans une auge en verre, on pouvait suivre son altération avec la plus grande facilité à l'aide du faisceau lumineux : il a suffi du passage de quelques litres d'air dans les 200 centimètres cubes d'eau soumis à l'observation pour rendre visible la trace du faisceau lumineux.

Quant aux corpuscules solides auxquels on doit l'aspect estompé, blanc laiteux de la trace lumineuse, ils sont véritablement de nature organique. Je m'en suis assuré en évaporant, *à l'abri de l'air*, dans un alambic en platine poli à l'intérieur, 2 litres d'eau distillée, sans les faire bouillir. Il est demeuré un résidu visible, blanc jaunâtre, *qui a charbonné* sous l'influence d'une température élevée.

Ces faits démontrent que dans les eaux de la nature la *coloration bleue* ne peut avoir l'illumination pour cause. En effet, les corpuscules solides ne donnent qu'une illumination d'un *blanc laiteux* et les vésicules gazeuses sont, de l'une à l'autre, de dimensions si différentes, que toutes les couleurs du spectre sont représentées; on remarque même que le rouge et l'orange sont plus fréquents que les couleurs à ondes courtes.

La couleur résultante ne peut donc pas être le bleu; si la compensation n'est pas complète, le liquide doit, par conséquent, paraître plutôt rougeâtre. En somme, ces observations confirment les résultats de mes recherches précédentes *Sur l'unité d'origine du bleu de l'eau* (1).

*Résumé et conclusions.*

Il résulte de l'ensemble des faits précédents qu'on peut débarrasser l'eau des poussières qu'elle contient, soit en soumettant une solution d'un colloïde à l'action de l'électricité, soit en provoquant, dans son sein, la formation d'un précipité *gélatineux :* les poussières sont alors *enrobées* et se déposent avec le *coagulum* ou avec le précipité Dans l'un et dans l'autre cas, il est toutefois indispensable de tenir le liquide absolument à l'abri de l'air ambiant. Quand cette condition ne peut être observée, les tentatives de purification échouent constamment.

De la possibilité de réaliser un liquide optiquement vide, on doit conclure que la lumière qui traverse un corps transparent, tel que l'eau, n'éprouve pas de diffusion interne ou de réflexion moléculaire en vertu de laquelle les vibrations se propageraient latéralement. Il n'est donc pas exact de dire, comme l'a fait Lallemand, que les molécules du milieu absorbent une partie de la force vive de l'éther et vibrent à leur tour en propageant dans le fluide éthéré les vibrations complexes qui

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1899, p. 72.

constituent la lumière naturelle. Un liquide tel que l'eau possède une homogénéité comparable à celle d'un gaz, et si sa densité ne vient pas à varier par suite d'une action mécanique ou calorifique, sa réfrangibilité demeure partout la même.

Ces conclusions peuvent ne pas être applicables aux corps transparents liquides ou solides dont la complication moléculaire est d'un autre ordre que celle de l'eau; il n'est pas impossible que chez ceux-ci il se manifeste des *tensions* dans les molécules, ou entre les molécules, qui pourront avoir pour conséquence un défaut d'homogénéité de l'éther et se traduire soit par des phénomènes de coloration simple, soit par des phénomènes de fluorescence. Le verre nous offre peut-être un exemple de ce cas. La couleur verte qu'il montre sous une épaisseur suffisante n'est pas nécessairement due à la présence de composés ferreux. J'incline à penser qu'elle a pour cause un fait physique, car la proportion de sel ferreux contenue dans le verre regardé comme incolore ne suffit pas pour donner une coloration de l'intensité observée.

Je me propose de poursuivre l'étude de cette question complémentaire. Le but que j'ai eu en vue en la soulevant à la suite des conclusions précédentes, était seulement de prévenir une généralisation trop large au regard de la *transparence absolue des corps*.

Liége, Institut de chimie générale.
Février 1899.

—

*Étude d'un cas particulier très important du mouvement de rotation d'un corps solide;* par F. Folie, membre de l'Académie.

La latitude d'un lieu de la Terre peut être rapportée, soit au pôle d'inertie : c'est la latitude *géographique;* soit au pôle instantané de rotation : c'est la latitude *astronomique.*

La première est *constante;* la seconde, *variable* (*).

Entre ces deux définitions, le choix devra se décider d'après la rigueur et la simplicité des formules que l'on obtiendra en prenant l'un ou l'autre pôle comme point de référence.

---

(*) Dans le but de simplifier le problème, je ne traiterai ici que le cas d'une Terre solide, le seul, du reste, dont se soient occupés tous les géomètres qui ont traité la question de son mouvement de rotation, depuis Laplace jusques et y compris Tisserand.

Pour l'écorce solide, il existe deux termes, à constantes arbitraires, introduits par l'intégration : le terme eulérien et le terme chandlérien.

De plus, il existe un terme annuel dû à un déplacement de l'axe d'inertie produit par les précipitations hivernales, et un autre terme annuel, qui provient des déviations périodiques de la verticale : le premier produit des variations réelles; le second, des variations apparentes de latitude.

Voir : *Essai sur les variations de latitude,* 1893; *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide,* 1898; *Quelques grandes phases dans l'histoire de l'astronomie,* 1899.

Relativement au pôle géographique, on possède des formules absolument correctes.

Mais les astronomes y ont renoncé, parce qu'elles renferment, en obliquité et en longitude, outre la précession et la nutation générale, des termes de nutation *eulérienne*. Et ils se sont imaginé, sur la foi d'un collègue éminent, que ces termes deviennent absolument négligeables, si l'on prend pour point de référence le pôle instantané ou astronomique.

On verra que c'est une très grave erreur.

Je me propose de traiter *correctement*, dans cette note, le problème que le regretté astronome s'est proposé de résoudre, et de rechercher si, comme il l'affirme, la nutation eulérienne est négligeable, et si l'heure reste uniforme, lorsqu'on prend le pôle instantané pour point de référence, en me bornant, comme il l'a fait lui-même, au cas où il n'y a pas de forces perturbatrices, la nutation eulérienne étant, alors, identiquement la même que dans le cas où ces forces existent.

Supposons le cas d'un ellipsoïde de révolution aplati, animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe très faiblement incliné sur son petit axe d'inertie, et qui n'est soumis à aucune force extérieure. Soient C et A les moments d'inertie autour du petit axe et d'un axe équatorial de l'ellipsoïde.

Les formules d'Euler deviennent, dans ce cas :

$$(1). \quad . \quad A\frac{dl}{dt} = (A - C)mn; \quad A\frac{dm}{dt} = (C - A)nl; \quad C\frac{dn}{dt} = 0,$$

$l$, $m$, $n$ désignant les vitesses angulaires autour des axes principaux X, Y, Z.

Leur intégration donnera, $\gamma$ et $\beta$ désignant des constantes arbitraires :

$$(2). \quad . \quad l = \gamma_1 \cos(\iota t + \beta), \quad m = \gamma_1 \sin(\iota t + \beta), \quad n = c^{te},$$

$\iota$ représentant $\frac{C-A}{A}$.

Telles sont les vitesses angulaires autour des axes principaux X, Y, Z, que nous appellerons axes géographiques. Ce mouvement s'appelle eulérien, du nom du géomètre qui l'a découvert.

Il en découle une vitesse résultante $\omega = n\sqrt{1+\gamma^2}$, si l'on fait $\gamma_1 = n\gamma$, autour d'un axe instantané dont les cosinus directeurs sont

$$\frac{l}{\omega}, \quad \frac{m}{\omega}, \quad \frac{n}{\omega}.$$

Cet axe instantané Z', mobile dans l'ellipsoïde, est fixe dans l'espace. Soit $\theta'$ l'inclinaison de l'équateur géographique sur l'équateur instantané, perpendiculaire à ce

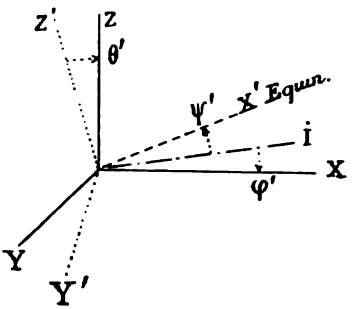



Fig. 1.

dernier axe ; $\psi'$, $\varphi'$, les angles compris entre les axes X', X, d'une part, et l'intersection des deux équateurs, d'autre part, X' et Y' étant deux axes rectangulaires dans le plan

de l'équateur instantané. Nous donnerons aux axes X', Y', Z', pour les distinguer des axes géographiques X, Y, Z, le nom d'axes astronomiques.

Les formules de transformation connues

$$(3) \ldots \left\{ \begin{aligned} \frac{d\theta'}{dt} - l\cos &= \varphi' + m\sin\varphi' \\ \sin\theta'\frac{d\psi'}{dt} &= l\sin\varphi' + m\cos\varphi' \\ \frac{d\varphi'}{dt} &= n + \cos\theta'\frac{d\psi'}{dt} \end{aligned} \right.$$

deviendront, combinées avec les équations (2) :

$$(4) \ldots \left\{ \begin{aligned} \frac{d\theta'}{dt} &= -\gamma_1\cos(\iota t + \beta + \varphi') \\ \sin\theta'\frac{d\psi'}{dt} &= \gamma_1\sin(\iota t + \beta + \varphi') \\ \frac{d\varphi'}{dt} &= n + \gamma_1\cot\theta'\sin(\iota t + \varphi'). \end{aligned} \right.$$

Ces expressions donnent les variations de position des axes principaux relativement aux axes astronomiques fixes.

L'intégration de la première de ces équations conduit d'abord à

$$(5) \ldots \quad \Delta\theta' = \theta' - \theta'_0 = -\gamma\sin(\iota t + \beta + \varphi'),$$

en faisant

$$\frac{\gamma_1}{n + \iota} = \gamma,$$

et en admettant, à cause de la petitesse de $\gamma$(*) (puisque nous avons supposé une très faible inclinaison de l'axe de rotation Z′ sur l'axe principal Z), que $\varphi' = nt$ dans le second membre.

De là on tire

$$(6). \quad . \begin{cases} \sin\theta' = \sin\theta'_0[1 - \gamma\cot\theta'_0\sin(nt + \beta + \varphi')] \quad \text{et} \\ \cos\theta' = \cos\theta'_0 + \gamma\sin\theta'_0\sin(nt + \beta + \varphi') \\ \qquad = \sin\theta'_0\,[\cot\theta'_0 + \gamma\sin(nt + \beta + \varphi'). \end{cases}$$

A cause de la petitesse de $\theta'$ et de $\theta'_0$, $\gamma$ est aussi très petit; mais $\gamma\cot\theta'_0$ sera une quantité finie, puisque $\gamma$ et $\sin\theta'_0$ sont du même ordre de grandeur; nous la ferons égale à $g$ et écrirons

$$(7). \quad . \quad . \quad \sin\theta' = \sin\theta'_0[1 - g\sin(nt + \beta + \varphi')].$$

La seconde des équations (4) deviendra

$$(8). \quad . \quad . \quad \frac{d\psi'}{dt} = \frac{\gamma_1}{\sin\theta'_0}\,\frac{\sin(nt + \beta + \varphi')}{1 - g\sin(nt + \beta + \varphi')}.$$

L'intégrale en serait très compliquée.

Afin de pouvoir arriver à des conclusions simples, nous admettrons que $g^2$ est négligeable vis-à-vis de l'unité et que $\cos\theta'_0 = 1$; nous trouverons ainsi

$$(9). \quad . \begin{cases} \dfrac{d\psi'}{dt} = g(n + 1)\sin(nt + \beta + \varphi') \\ \qquad + \tfrac{1}{2}g^2(n + 1)\,[1 - \cos 2(nt + \beta + \varphi')]. \end{cases}$$

Avant de procéder à l'intégration, nous avons à chercher l'expression de $\varphi'$ en fonction de $t$.

---

(*) $\gamma$ est égal à 0,2 environ en astronomie.

Dans une première approximation, nous pourrons remplacer $\frac{d\varphi'}{dt}$ par

$$n + g(n + \iota)\sin(\iota t + \beta + \varphi'),$$

et $\varphi'$ par

$$\varphi'_0 + nt - g\cos(n't + \beta'),$$

$n'$ et $\beta'$ représentant respectivement $n + \iota$ et $\varphi'_0 + \beta$.

Alors la troisième des équations (4) devient

$$\frac{d\varphi'}{dt} = n_1 + gn'_1 \sin(n't + \beta') - \tfrac{1}{2}n'\gamma(g\cot\theta'_0 + \gamma)\cos 2(n't + \beta'),$$

$n_1$ représentant

$$n + \tfrac{1}{2}n'g^2,$$

et $n'_1$,

$$n'(1 + \tfrac{1}{2}g^2);$$

en intégrant, on a, à très peu près :

$$(10) \quad \left\{ \begin{aligned} \Delta\varphi' = \varphi' - \varphi'_0 - n_1 t = &- g\cos(n't + \beta') \\ &- \tfrac{1}{2}(g^2 + \gamma^2)\cos 2(n't + \beta'). \end{aligned} \right.$$

Le mouvement de l'ellipsoïde autour de l'axe instantané n'est donc pas uniforme, puisque, comme nous l'avons vu, $g$ est une quantité finie. Et *l'heure* est, dans le système des axes instantanés, soumise à *des variations diurnes et semi-diurnes très sensibles.*

En remplaçant simplement $\varphi'$ par

$$\varphi'_0 + n_1 t - g\cos(n't + \beta'),$$

on aura

$$\begin{aligned} \sin(\iota t + \beta + \varphi') &= \sin(n'_1 t + \beta')[1 - \tfrac{1}{2}g^2\cos^2(n't + \beta')] \\ &\quad - g\cos(n'_1 t + \beta')\cos(n't + \beta') \\ &= \sin(n'_1 t + \beta') - \tfrac{1}{2}g\cos(n'_1 - n')t + \cdots \\ &= \sin(n'_1 t + \beta') - \tfrac{1}{2}g\cos(\tfrac{1}{2}g^2 n't) + \cdots \end{aligned}$$

L'équation (9) deviendra donc

$$\frac{d\psi'}{dt} = n'g \sin(n'_1 t + \beta') + \tfrac{1}{2} n' g^2 [1 - \cos(\tfrac{1}{2} g^2 n' t) - \cos 2(n'_1 t + \beta')];$$

d'où, en négligeant la très faible différence $n'_1 - n_1$ :

$$\Delta\psi' = -g \cos(n'_1 t + \beta') + \tfrac{1}{2} n' g^2 t - \sin(\tfrac{1}{2} n' g^2 t)$$
$$- \tfrac{1}{2} g^2 \sin 2(n'_1 t + \beta');$$

et, puisque

$$\sin \theta' = \sin \theta'_0 [1 - g \sin(n' t + \beta')],$$

on aura

$$(11) \left\{ \begin{aligned} \sin \theta' \Delta\psi' = & -\gamma \cos(n'_1 t - \beta') + \tfrac{1}{2} n' g \gamma t - \sin \theta'_0 \sin(\tfrac{1}{2} g^2 n' t) \\ & + \tfrac{1}{2} g \gamma \sin 2(n'_1 t + \beta'). \end{aligned} \right.$$

La variation en longitude $\Delta\psi'$ renferme donc un terme proportionnel au temps (précession) et un terme à longue période

$$\frac{4\pi}{g^2 n'} = \frac{2}{g^2}$$

à peu près; le premier est très important, le second est de l'ordre de $\gamma$.

On sait, du reste, que tout mouvement de rotation d'un corps libre est toujours accompagné d'un mouvement de précession, hormis le cas où l'axe de rotation est un axe principal du centre de gravité.

Négligeant le dernier terme, posant

$$\sin \theta'_0 = \gamma_0, \quad \tfrac{1}{2} g^2 n' t = \tau \quad \text{et} \quad n'_1 = n_1$$

dans l'argument du premier terme, nous aurons :

$$(12). \quad . \quad \sin \theta' \Delta\psi' = -\gamma \cos(nt + \beta + \varphi') + \tfrac{1}{2} n' g \gamma t - \gamma_0 \sin \tau$$

Recherchons maintenant les expressions des vitesses angulaires de l'ellipsoïde autour de ses trois axes astronomiques.

Appelons $\Delta a$, $\Delta b$, $\Delta c$ les composantes de la rotation au moyen de laquelle on amène les axes principaux X, Y, Z en coïncidence avec ces derniers axes X′, Y′, Z′.

Nous avons :

$$(13). \quad . \quad . \quad \begin{cases} \Delta a = \sin\varphi' \sin\theta' \Delta\psi' - \cos\varphi' \Delta\theta', \\ \Delta b = \cos\varphi' \sin\theta' \Delta\psi' + \sin\varphi' \Delta\theta', \\ \Delta c = \Delta\varphi' - \cos\theta' \Delta\psi'; \end{cases}$$

et, en faisant usage des équations (5), (10) et (12) :

$$(14). \begin{cases} \Delta a = \gamma \sin(\iota t + \beta) + \frac{1}{2} n' g \gamma t \sin\varphi' - \gamma_0 \sin\tau \sin\varphi', \\ \Delta b = -\gamma \cos(\iota t + \beta) + \frac{1}{2} n'_0 g \gamma t \cos\varphi' - \gamma_0 \sin\tau \cos\varphi', \\ \Delta c = \sin\tau - \frac{1}{2} n' g^2 t, \end{cases}$$

aux quantités du second ordre près, et en négligeant des termes à courte période.

Or les expressions des vitesses angulaires autour des axes X′, Y′, Z′ sont données par

$$(15). \quad . \quad . \quad . \quad \begin{cases} l' = l + n\Delta b - m\Delta c, \\ m' = m - n\Delta a + l\Delta c, \\ n' = n + m\Delta a - l\Delta b. \end{cases}$$

On en déduira, en remplaçant $\gamma_1 - n\gamma$ par $\iota\gamma$, et en négligeant les termes du second ordre :

$$(16). \begin{cases} l' = \iota\gamma \cos(\iota t + \beta) - n \sin\tau [\gamma_0 \cos\varphi' + \gamma \cos(\iota t + \beta)] \\ \qquad\qquad + \frac{1}{2} n n' \gamma t [\cos\varphi' + g \sin(\iota t + \beta)], \\ m' = \iota\gamma \sin(\iota t + \beta) + n \sin\tau [\gamma_0 \sin\varphi' + \gamma \sin(\iota t + \beta)] \\ \qquad\qquad - \frac{1}{2} n n' \gamma t [\sin\varphi' + g \cos(\iota t + \beta)] \\ n' = n + \gamma_1 \cos(\iota t + \beta + \varphi')[\gamma_0 \sin\tau - \frac{1}{2} g \gamma_1 t] \end{cases}$$

Comme $\gamma$ est très petit et que $\iota = \frac{C-A}{A}$ l'est également (pour la Terre, $\iota = \frac{1}{300}$), on peut laisser de côté les termes en $\iota\gamma$. Mais on voit que, néanmoins, *les expressions des vitesses angulaires autour des trois axes instantanés renferment des termes à longue période, et même assez considérables, puisque* $nn' = (2300)^2$ *environ, pour la Terre.*

Soient maintenant $\theta$, $\varphi$ les angles qui déterminent la position des axes astronomiques par rapport à un plan fixe (qui est, en astronomie, celui de l'écliptique).

Les formules (3), dans lesquelles on supprimera les accents de $\theta'$, $\psi'$, $\varphi'$, pour les ajouter à $l$, $m$ et $n$, donneront, après substitution des expressions $l'$, $m'$, $n'$

$$(17).\quad \left\{\begin{aligned} \frac{d\theta}{dt} &= -\iota\gamma\cos(\iota t+\beta+\varphi') \\ &\quad -(\tfrac{1}{2}nn'\gamma t - n\gamma_0\sin\tau)\cos(\varphi'-\varphi), \\ \sin\theta\frac{d\psi}{dt} &= \iota\gamma\sin(\iota t+\beta+\varphi') \\ &\quad -(\tfrac{1}{2}nn'\gamma t - n\gamma_0\sin\tau)\sin(\varphi'-\varphi), \\ \frac{d\varphi}{dt} &= n' + \cos\theta\frac{d\psi}{dt}. \end{aligned}\right.$$

Intégrant la première de ces équations, on aura très approximativement, en négligeant les termes insensibles en $\iota\gamma$, ainsi que les termes diurnes :

$$(18)\qquad \Delta\theta = -\frac{n\gamma}{g^2}t\sin\tau - \frac{2\gamma}{g^4}\cos\tau - \tfrac{1}{2}\frac{\gamma_0}{g_2}\cos 2\tau.$$

On voit que la variation de l'angle $\theta$ est très faible, puisque $\gamma_0$ et $\gamma$ le sont, et que $g$ est une quantité finie; et, comme $\theta$ est un angle fini (23°,5 en astronomie), nous

pourrons le considérer comme constant dans la seconde équation, d'où l'on tirera, comme ci-dessus :

$$(19).\quad \sin\theta\Delta\psi = \tfrac{1}{2}n\gamma_0 t + \frac{n\gamma}{g^2}t\cos\tau - \frac{2\gamma}{g^4}\sin\tau - \tfrac{1}{2}\frac{\gamma_0}{g^2}\sin 2\tau.$$

La troisième équation deviendra, puisqu'on peut admettre que $\theta$ est constant :

$$\frac{d\varphi}{dt} = n + n'\gamma\cot\theta\left[\tfrac{1}{2}n\gamma_0(1-\cos 2\tau) - \tfrac{1}{2}nn'\gamma t\sin\tau\right]$$

et l'on en tirera de même

$$(20).\quad \Delta\varphi = \gamma\cot\theta\left[\frac{1}{2}n\gamma_0 t + \frac{n\gamma}{g^2}t\cos\tau - \frac{2\gamma}{g^4}\sin\tau - \frac{1}{2}\frac{\gamma^0}{g^2}\sin 2\tau\right].$$

L'angle $\varphi$, que l'axe astronomique X' fait avec la droite fixe prise pour son origine (ligne des équinoxes en astronomie), est donc sujet à des variations périodiques qui ne sont pas insensibles, et même à des variations proportionnelles au temps.

Il en est de même de l'angle $\psi$.

Un astronome des plus distingués a traité incorrectement la question que nous venons de résoudre; il est arrivé à $\Delta\theta = 0$, $\Delta\psi = 0$, aux quantités près de l'ordre de $\frac{\gamma}{n+\iota}$, c'est-à-dire aux dix-millièmes de seconde près, quantités que nous avons négligées, comme lui, dans les trois expressions (18), (19) et (20).

Cette erreur provient de ce qu'il a considéré $\theta'$ comme constant dans $\sin\theta'\frac{d\psi'}{dt}$, en sorte qu'il a négligé le second terme et les suivants de notre équation (11).

Alors les deux premières équations (16) se réduisent

à leur premier terme, et l'intégration donne lieu à un terme périodique qui a pour coefficient $\frac{t\Upsilon}{n+t}$.

Nul astronome ne s'est aperçu de cette négligence (*), en sorte que, depuis une vingtaine d'années, tous se sont imaginé qu'en rapportant les équations du mouvement de rotation de la Terre à ses axes instantanés, la nutation eulérienne est complètement éliminée.

On vient de voir que c'est absolument faux et que, de plus, l'heure même, définie par l'angle $\varphi'$, au lieu d'être uniforme, est sujette à des variations périodiques sensibles (20).

Aussi doit-on prendre, non les axes instantanés, mais les axes principaux de l'écorce terrestre comme axes de référence.

C'est, du reste, ce qu'ont fait, depuis Laplace jusques et y compris Tisserand, tous les géomètres qui ont traité du mouvement de rotation de la Terre.

L'axe instantané, pris comme axe de référence, loin d'éliminer la nutation eulérienne, conduit à des formules beaucoup plus compliquées que celles qui sont rapportées à l'axe géographique, et rend impossible la définition d'une heure uniforme.

C'est donc relativement au pôle géographique que doit être définie la latitude : celle-ci est constante, de même que la longitude ; mais l'ascension droite et la déclinaison renferment dans leur expression la nutation eulérienne, négligée, à tort, par tous les astronomes.

---

(*) Le plus illustre même des astronomes contemporains s'est incidemment rallié à ces formules incorrectes dans un de ses derniers ouvrages (Newcomb, *The elements of the four inner planets*, etc., 1895).

*Quelques phénomènes périodiques observés en février 1899;*
par F. Folie, membre de l'Académie.

Après un hiver aussi doux que celui que nous venons de traverser, il est maint phénomène périodique dont l'observation n'est pas possible.

La violette, par exemple, n'a pas cessé de fleurir chez moi, à Grivegnée, depuis le mois de septembre jusqu'aujourd'hui, et la feuillaison du chèvrefeuille a été extrêmement précoce (janvier probablement).

Voici quelques autres phénomènes qui caractérisent la douceur exceptionnelle de l'hiver.

J'ai trouvé un crapaud bien vivant, mais un peu engourdi, au bois de Kinkempois, à 240 mètres d'altitude, dans le courant de décembre, ainsi que différents coléoptères On a vu voler, à Liége, la chauve-souris pendant le mois de janvier.

Les floraisons que j'ai notées en février sont :

8. Tussilage pas-d'âne, perce-neige, crocus jaune, noisetier, fleur *isolée* de *Forsythia*, *Daphne Mezereum*.

12. Pervenche.

13. Ajonc épineux.

20. Cerisier dans une prairie, à plus de 100 mètres d'altitude, le seul, du reste, des nombreux cerisiers de la prairie.

Les papillons ont été nombreux en ce mois. Le merle a chanté le 15; le pinson, le 25.

—

Analyse par combustion de cette kétone :

$0^{gr},1249$ de substance ont donné $0^{gr},3620$ $CO_2$,
soit $0^{gr},0987$ C,
et $0^{gr},0671$ $H_2O$, soit $0^{gr},0074$ H.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Trouvé : | C = 79.02 °/₀ | Calculé pour : | C = 79.10 °/₀ |
| | H = 5.92 °/₀ | $C_{14}H_{12}O_2$ (212) | H = 5.66 °/₀. |

Malheureusement ces deux réactions donnent naissance à une foule de produits accessoires et le rendement en acétone est excessivement faible. Je n'ai guère mieux réussi en appliquant les procédés perfectionnés de la méthode de Friedel et Crafts qu'ont décrits récemment A. Verley (*) et L. Bouveault (**) : emploi du vide, lente addition de chlorure acide, etc. Je me suis donc vu forcé d'abandonner l'étude de la bromuration de cette substance si difficile et si onéreuse à obtenir en quantité suffisante.

Je me borne aujourd'hui, pour terminer mes recherches sur la série phénoxacétique, à l'étude de la bromuration de l'acide phénoxycinnamique.

Selon toutes les probabilités, l'action du brome sur l'acide phénoxycinnamique doit provoquer, comme dans le cas du phénoxacétate de phényle, une substitution en $C_6H_5O$, et non dans le noyau $C_6H_5CH$ = de l'aldéhyde benzoïque. Mais en même temps doit se produire une

---

(*) A. Verley, *Sur une modification de la méthode Friedel et Crafts permettant d'obtenir des rendements élevés dans les synthèses faites à l'aide du chlorure d'aluminium* (Bull. de la Soc. chim. de Paris, 3e sér., t. XVII, nos 20-21, pp. 906-914; 1897).

(**) L. Bouveault, *Application de la méthode de MM. Friedel et Crafts à la préparation des acétones et des aldéhydes aromatiques* (Bull. de la Soc. chim. de Paris, 3e sér., t. XVII, no 24, pp. 1020-1022; 1897).

addition à la double soudure de cet acide non saturé et le composé à obtenir doit être de l'acide phénoxypropionique bromé à la fois dans le noyau aromatique et dans le chaînon gras de la molécule.

La réaction à prévoir est donc :

$$C_6H_5CH{=}\underset{\underset{CO_2H}{|}}{C}{-}OC_6H_5 + 2Br_2 = C_6H_5CHBr{-}\underset{\underset{CO_2H}{|}}{CBr}{-}OC_6H_4Br + HBr.$$

Deux méthodes paraissent devoir conduire à la formation de ce composé tribromé. On pourrait le préparer par la simple bromuration de l'acide en présence de l'eau, comme d'ailleurs Fritzsche (*) a obtenu l'acide bromophénoxacétique aux dépens de l'acide phénoxacétique lui-même. On pourrait aussi bromurer son éther, le phénoxycinnamate d'éthyle, au sein du chloroforme ou du sulfure de carbone.

J'ai, dans ce but, préparé cet éther par l'éthérification de l'acide au moyen du sulfate acide d'éthyle; c'est un liquide sirupeux, bouillant à 220-223°, insoluble dans l'eau.

Analyse par combustion de cet éther :

0gr,1846 de substance ont donné 0gr,5160 $CO_2$,
soit 0gr,1407 C,
et 0gr,1009 $H_2O$, soit 0gr,0112 H.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Trouvé : | C = 76.22 °/₀ | Calculé pour : | C = 76.12 °/₀ |
| | H = 6.07 °/₀ | $C_{17}H_{16}O_3$(268) | H = 5.97 °/₀. |

Plusieurs essais me firent voir que la bromuration de l'éther phénoxycinnamique, quoique s'effectuant avec un

(*) P. Fritzsche, *Ueber Oxyphenylessigsäure und ihre Abkömmlinge* (Journ. f. prakt. Chem., 20, p. 267; 1879).

dégagement régulier d'acide bromhydrique, ne conduit à aucun rendement satisfaisant, que la réaction n'est pas complète, et que la saponification par la potasse alcoolique ne produit qu'une masse gommeuse insoluble.

Je suis alors parti de l'acide phénoxycinnamique lui-même, que j'ai bromé après l'avoir mis en suspension dans l'eau; j'ai mis en œuvre deux molécules de brome, afin de produire simultanément l'addition et la substitution. Au bout de vingt-quatre heures, l'eau était encore colorée par un excès de brome refusant de réagir; je l'ai fait disparaître en agitant avec une solution de sulfite de sodium le liquide et la substance qui y était suspendue. En opérant ainsi, il m'a été impossible d'obtenir un composé à point de fusion constant, en reprenant par le chloroforme ou le benzol le produit cristallin qui s'est déposé au fond du ballon où la bromuration a été effectuée.

La raison m'en paraît être la suivante : dans la préparation de l'acide cinnamique et même dans celle de l'acide phénoxycinnamique, il est facile de se débarrasser des produits générateurs : l'acide acétique est très soluble dans l'eau; l'acide phénoxacétique est assez soluble dans ce dissolvant pour ne plus reparaître après une ou deux dissolutions, quand on a soin d'opérer avec une forte quantité d'eau. Il n'en est plus de même pour l'acide phénoxycinnamique que l'eau dissout à peine et qui accompagne par conséquent ses produits de bromuration après deux traitements par ce liquide. Une dissolution subséquente dans le chloroforme, le benzol, l'alcool ou d'autres dissolvants organiques ne permet pas davantage de séparer les divers produits qui cristallisent toujours simultanément.

Je reconnus alors que le seul moyen pratique d'obtenir une substance pure consistait à laver un grand nombre de fois au moyen d'eau bouillante le produit brut de la bromuration. Mais ce traitement, au lieu de me conduire à un acide phénoxycinnamique tribromé, me fournit, après deux cristallisations du benzol chaud, un composé monobromé, fondant à 191° et correspondant à la formule brute $C_{15}BrH_{11}O_3$.

Dosage du brome par la méthode à la chaux :

0gr,1668 de substance ont donné 0gr,0969 AgBr,
soit 0gr,0412 Br.

Trouvé : Br = 24.71 °/. Calculé pour : Br = 25.08 °/.
$C_{15}H_{11}BrO_3$ (319)

Ce résultat montre que le brome, en agissant sur l'acide phénoxycinnamique, doit produire, outre un dérivé tribromé qu'on ne peut isoler parce qu'il se décompose sous l'influence de l'eau bouillante, un acide monobromé qui se laisse purifier et qui résulte d'une substitution simple.

Il me reste encore à établir la constitution de cet acide monobromé; dans ce but, j'ai préparé par la réaction de Perkin l'acide bromophénoxycinnamique que je supposais avoir formé. J'ai chauffé durant plusieurs heures au bain de glycérine à 180° un mélange de parabromophénoxacétate de sodium sec et d'aldéhyde benzoïque en quantités équimoléculaires, en présence d'un excès d'anhydride acétique, selon l'équation

$$C_6H_4BrO - CH_2 - CO_2Na + C_6H_5CH = O + (CH_3CO_2)_2O$$
$$= C_6H_4BrO - \underset{\underset{CH - C_6H_5}{\|}}{C} - CO_2H + CH_3CO_2H + CH_3CO_2Na.$$

La masse liquide et brune résultant de cette réaction fut versée encore chaude dans de l'eau qui détermina la précipitation d'un liquide sirupeux. Le tout fut soumis dans un ballon distillatoire à l'action d'un courant de vapeur d'eau surchauffée pour entraîner l'aldéhyde benzoïque inaltérée. Le résidu fut traité par du carbonate de sodium solide et la solution obtenue chauffée à l'ébullition et filtrée pour en séparer les nombreux produits résineux formés dans la réaction.

Le liquide refroidi, additionné d'acide chlorhydrique en excès, abandonna un précipité floconneux abondant qui fut repris six fois par l'eau bouillante jusqu'à point de fusion constant, afin de séparer, comme je l'ai dit plus haut, l'acide bromophénoxycinnamique de l'acide bromophénoxacétique inaltéré. Ce dernier est également très peu soluble dans l'eau bouillante, mais cependant plus soluble que l'acide auquel il donne naissance. La partie qui refuse de se dissoudre donne, après dessiccation et deux cristallisations du benzol chaud, des paillettes cristallines à point de fusion constant (191°), constituées par l'acide parabromophénoxycinnamique $C_6H_4BrO - C (= CH - C_6H_5) - CO_2H$.

Dosage du brome par la méthode à la chaux :

0gr,1652 de substance ont donné 0gr,0981 AgBr,
soit 0gr,0417 Br.

Trouvé : Br = 25.24 °/. Calculé pour : Br = 25.08 °/.
$C_{15}BrH_{11}O_3$(319).

L'acide monobromé obtenu dans la bromuration de l'acide phénoxycinnamique, très probablement en même temps qu'un acide tribromé, est identique à l'acide parabromophénoxycinnamique. Je puis en conclure qu'au

point de vue de la substitution bromée, l'acide phénoxycinnamique se comporte de la même manière que le phénoxacétate de phényle. La bromuration du phénoxacétate d'éthyle (*), du phénoxacétate de phényle et de l'acide phénoxycinnamique conduit donc à des dérivés de l'acide parabromophénylglycolique ou parabromophénoxacétique, notamment aux produits suivants :

$$C_6H_4Br - O - CH_2 - CO_2C_2H_5,$$
$$C_6H_4Br - O - CH_2 - CO_2C_6H_5,$$
$$C_6H_4Br - O - C(= CH - C_6H_5) - CO_2H.$$

Ce travail a été fait dans le laboratoire de chimie générale dirigé par M. le professeur Th. Swarts, auquel je présente tous mes remerciements.

Laboratoire de chimie générale de l'Université de Gand.
Février 1899.

—

*La raffinose considérée comme aliment hydrocarboné de* l'ASPERGILLUS NIGER ; par Henri Gillot.

On savait depuis longtemps déjà que lorsque l'aliment hydrocarboné était fourni à l'*Aspergillus niger* sous forme de saccharose, il faut que celui-ci se transforme en sucre interverti pour servir d'aliment à la plante.

Cette transformation du saccharose en sucre interverti est réalisée par l'*Aspergillus* lui-même, qui sécrète une diastase inversive, la sucrase.

Le sucre interverti est ensuite utilisé pendant la croissance de la plante, mais ce sucre n'est pas brûlé sans donner un produit intermédiaire. Ce produit intermé-

(*) FRITZSCHE, *loc. cit.*

diaire, Duclaux l'a mis en évidence, c'est l'acide oxalique (*).

Pendant la croissance de la plante, l'acidité du liquide de culture va en augmentant à mesure que le sucre se transforme, passe par un maximum et décroît au fur et à mesure que le sucre se fait plus rare.

A la fin, le liquide, qui primitivement était acide, devient complètement neutre, par suite de ce fait que l'*Aspergillus* a non seulement utilisé le saccharose qu'on lui a offert, mais aussi l'acide tartrique, qui, comme on sait, entre pour une assez large part dans la composition du liquide Raulin.

Quant à l'acide oxalique, formé aux dépens du saccharose pendant la croissance de la plante, il est brûlé à son tour, ce qui contribue à supprimer toute acidité dans le liquide de culture.

Qu'adviendra-t-il si on offre à l'*Aspergillus* de la raffinose comme aliment hydrocarboné? Sera-t-il capable de la transformer en sucre interverti, la transformation sera-t-elle complète ou s'arrêtera-t-elle au terme mélibiose, donnera-t-il de l'acide oxalique aux dépens de la raffinose, comme plus haut on a vu qu'il en donnait aux dépens du saccharose, enfin, quelle influence ce sucre aura-t-il sur le poids de récolte de la plante?

Pour répondre à ces différentes questions, il fallait cultiver l'*Aspergillus* en solution stérilisée additionnée de raffinose, étudier son développement et examiner la nature des produits qui pouvaient se former au cours de cette croissance.

---

(*) Duclaux, *Chimie biologique*, année 1883, page 223.

Chaque jour, jusqu'au complet développement de la plante, je dosai dans le liquide de culture le sucre interverti ainsi que la raffinose non attaquée, évaluée en sucre inverti après traitement par les acides.

Tous les dosages de sucre inverti ont été faits à l'aide de la liqueur cuprique.

Je déterminai également le degré d'acidité des solutions dans lesquelles avait poussé l'*Aspergillus*. Comme on le verra plus loin, cette acidité, je l'évaluai en $SO^4H^2$ et par litre.

Ayant à faire choix entre les indicateurs de l'acidité, je m'arrêtai au tournesol et à la phénolphtaléine. Chaque fois, je faisais deux essais : un avec le tournesol comme indicateur, un autre avec la phénolphtaléine.

### PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

On le sait, le liquide le plus favorable au développement de l'*Aspergillus niger* est le liquide Raulin (*).

C'est cette solution, dans la composition de laquelle je

---

(*) En voici la composition :

| | |
|---|---|
| Eau | 1500cc |
| Acide tartrique | 4gr,00 |
| Nitrate d'ammoniaque | 4gr,00 |
| Phosphate d'ammoniaque | 0gr,60 |
| Carbonate de potasse | 0gr,60 |
| Carbonate de magnésie | 0gr,25 |
| Sulfate de zinc | 0gr,07 |
| Sulfate de fer | 0gr,07 |
| Silicate de potasse | 0gr,07 |
| Sucre candi | 70gr,00 |

remplaçai le sucre candi par la raffinose, qui me servit à étudier l'action de l'*Aspergillus* sur cette substance hydrocarbonée.

Dans une première expérience, je prélève 300 centimètres cubes de liquide Raulin, auxquels j'ajoute 9 grammes de raffinose, c'est-à-dire une proportion correspondant à 3 %.

La solution ainsi préparée est distribuée en quantités égales — 50 centimètres cubes dans chaque ballon — dans des fioles d'Erlenmeyer à fond plat et suffisamment larges pour que la hauteur du liquide ne dépasse pas 1.5 à 2 centimètres.

Le tout est stérilisé à l'autoclave à 120° pendant dix minutes. Après refroidissement, j'ensemence l'*Aspergillus* à l'aide de quelques spores prélevées d'une culture pure et récente. Les ballons ainsi ensemencés sont placés à l'étuve à une température de 30 à 32° C.

Vers la fin du deuxième jour suivant l'ensemencement, les spores se sont développées et les filaments du mycélium forment à la surface du liquide une membrane continue, blanchâtre.

Le troisième jour, la membrane s'épaissit peu à peu.

Le quatrième jour, elle passe au brun foncé, et le lendemain, elle devient complètement noire à sa partie supérieure, ce qui est dû à l'apparition des spores.

Cette expérience préliminaire n'avait qu'un but : me permettre de constater si la raffinose était hydrolysée complètement par l'*Aspergillus niger*.

Les résultats de cette première expérience sont consignés dans le tableau suivant :

| DURÉE DE L'ACTION. | Acidité prise à la phénolphtaléine. | Acidité prise au tournesol. | Sucre interverti par 100 centimètres cubes de solution. *a.* | Raffinose non attaquée évaluée en sucre interverti. *b.* | TOTAL. Sucre restant. *a* + *b.* | Poids de la plante dans 60 centimètres cubes. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1er jour. — Liquide primitif. | 1gr,150 | 1.100 | 0.850 | . | — | — |
| Après 2 jours. | 0gr,803 | 0.898 | 0.755 | 0.756 | 1.511 | 0gr,050 |
| Après 3 jours. | 0gr,730 | 0.724 | 0.750 | 0 380 | 1.130 | 0gr,090 |
| Après 4 jours. | 0gr,660 | 0.653 | 0.500 | 0.190 | 0 690 | 0gr,200 |
| Après 5 jours. | 0gr,580 | 0.571 | 0.000 | 0.098 | 0.098 | 0gr,510 |
| Après 6 jours. | 0gr,520 | 0.512 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0gr,540 |

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Comme plus haut, je prépare une solution nutritive Raulin que j'additionne cette fois de 2 % de raffinose.

La solution ainsi préparée est distribuée dans des matras à fond plat, de façon que chaque ballon renferme la même quantité (60 c. c.), par conséquent chacun 1gr,20 de raffinose.

Après stérilisation à l'autoclave, chaque ballon est ensemencé à l'aide de spores d'*Aspergillus* provenant de l'expérience précédente.

Chaque jour, jusqu'au complet développement de la plante, je dosai dans le liquide de culture le sucre interverti, la raffinose non attaquée, évaluée en sucre réducteur, l'acidité du milieu, et je déterminai, à la fin de l'expérience, le poids de récolte de la plante sèche.

La détermination du poids de la plante n'offre guère de difficulté : il suffit de la jeter sur un filtre taré d'avance, de laver le dépôt sur le filtre jusqu'à ce que l'eau de lavage ne donne plus la réaction du sucre, de dessécher à l'étuve à une température de 100-105° C. et enfin de peser.

Les chiffres consignés dans le tableau suivant donnent les résultats obtenus :

| DURÉE DE L'ACTION. | Acidité en $SO^4H^2$ par litre à l'aide de la phénolphtaléine. | Interverti par 100 centimètres cubes de solution. *a.* | Raffinose non attaquée évaluée en sucre interverti. *b.* | TOTAL. Sucre restant. *a* + *b.* |
|---|---|---|---|---|
| 1er jour. — Liquide primitif. | 1gr,022 | 1.260 | — | — |
| Après 2 jours. | 0gr,538 | 0.766 | 1.134 | 1.900 |
| Après 3 jours. | 0gr,300 | 0.755 | 0.378 | 1.133 |
| Après 4 jours. | 0gr,292 | 0.618 | 0.295 | 0.913 |
| Après 5 jours. | 0gr,200 | 0.523 | 0.157 | 0.680 |
| Après 6 jours. | 0gr,175 | 0.298 | 0.128 | 0.426 |
| Après 7 jours. | 0gr,130 | 0.000 | 0.100 | 0.100 |
| Après 8 jours. | — | — | — | — |

*Rapport du poids du sucre au poids de la récolte.*

D'après les expériences de Raulin, 1,500 centimètres cubes du liquide employé, additionnés de 70 grammes de saccharose, sont épuisés après deux ensemencements successifs et donnent une récolte totale de 26 grammes d'*Aspergillus* pesé sec, ce qui correspond donc à 1 de plante pour 2.7 parties de saccharose.

Les chiffres consignés dans le tableau précédent montrent que le poids de la plante récolté a été de 0gr,540 pour 60 centimètres cubes de liquide renfermant 1gr,20 de raffinose.

Pour connaître la quantité de raffinose nécessaire pour produire 1 de plante, il suffit de poser :

$$\frac{0.540}{1.20} = \frac{1}{x},$$

d'où

$$x = \frac{1.20}{0\,540} = 2.22.$$

c'est-à-dire que 2.22 de raffinose ont produit 1 de plante sèche.

On a vu plus haut que la moyenne des observations faites avec le saccharose donnait 1 de plante pour 2.70 de sucre.

Il semble naturel de conclure, en examinant les chiffres renseignés dans les tableaux précédents, que l'*Aspergillus niger* jouit de cette propriété d'utiliser complètement la raffinose après l'avoir intervertie, d'abord en

lévulose et mélibiose, puis ce dernier en dextrose et galactose.

Dans la première expérience, avec raffinose en solution à 3 °/₀, on ne trouve plus trace, après huit jours, ni d'interverti ni de raffinose inattaquée. Tout a donc été utilisé.

De même en solution à 2 °/₀, où toute la matière hydrocarbonée a disparu le sixième jour.

L'*Aspergillus niger* paraît donc doué de cette propriété de sécréter une diastase spéciale qui dédoublerait d'abord la raffinose en lévulose et mélibiose, puis ce dernier en galactose et dextrose.

Les expériences précédentes ne sont cependant pas à l'abri de tout reproche et peuvent ne pas entraîner la conviction.

En voici la raison :

En se reportant aux chiffres donnés dans les tableaux précédents, on voit que déjà le premier jour, dans le liquide primitif et avant l'ensemencement, il y a une notable quantité de sucre interverti que l'on peut aisément mettre en évidence à l'aide de la liqueur de Fehling.

On trouve notamment dans :

| Solution à 3 °/₀. | | Solution à 2 °/₀. | |
|---|---|---|---|
| Sucre interverti. . | 1.260 | Sucre interverti. . | 0.850 |

D'où peut donc provenir cette notable quantité de sucre réducteur?

Si l'on considère la composition du liquide Raulin, on voit que l'acide tartrique y entre pour une proportion de 4 pour 1500, c'est-à-dire 0.26 °/₀.

Le liquide est donc assez fortement acide.

Or, pendant la stérilisation à l'autoclave, la température monte à 120° C., et cette température élevée est maintenue pendant dix minutes. Il est donc probable que c'est l'acide tartrique qui, à cette haute température, agit sur la raffinose pour donner du sucre réducteur.

Plusieurs essais entrepris dans un but de vérification démontrèrent l'exactitude de cette hypothèse. Différentes portions de solutions nutritives furent examinées avant stérilisation : absence complète de sucre interverti.

L'examen fait après stérilisation permit de constater la présence d'un tiers environ de sucre réducteur.

Pour permettre de tirer une conclusion à l'abri de tout reproche, il faut obtenir après stérilisation un liquide nutritif contenant toute la raffinose sous forme de raffinose non réductible, et non plus une solution renfermant et de la raffinose et du sucre réducteur.

Il faut donc empêcher l'inversion de la raffinose pendant la stérilisation, et pour cela, deux procédés peuvent être employés :

1° Avant stérilisation, neutraliser exactement l'acidité du liquide de culture en ajoutant du carbonate de chaux ou de magnésie qui se dépose au fond du vase. La stérilisation peut alors se faire à l'autoclave sans crainte d'inversion.

2° Stériliser le liquide à froid à l'aide de la bougie Chamberland.

### TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Après avoir préparé une solution nutritive et y avoir ajouté 2 °/₀ de raffinose, j'y verse une quantité de carbonate de chaux suffisante pour neutraliser complètement l'acidité du milieu.

Huit ballons sont ainsi préparés, puis stérilisés à l'ordinaire, et ensuite ensemencés à l'aide de spores provenant de la culture précédente.

Ces ballons sont placés à l'étuve à une température convenable, mais après un mois, il n'y avait pas encore trace de végétation. L'*Aspergillus* avait donc refusé de se développer en solution exempte d'acide.

La culture n'est cependant pas impossible dans ces conditions, car M. Fernbach (*) est parvenu à faire pousser l'*Aspergillus* en solution complètement neutralisée. Il a simplement constaté un retard de huit à dix jours dans l'apparition des premiers filaments mycéliens.

### QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

L'impossibilité de faire pousser l'*Aspergillus* en solution neutre m'obligeait donc à user du second procédé, à savoir : stériliser la solution à froid à l'aide de la bougie Chamberland.

---

(*) FERNBACH, *Sur le dosage de la sucrase*, troisième mémoire (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t. IV, 1890, p. 18).

Mais il était nécessaire de s'assurer préalablement qu'à froid, l'acide tartrique n'intervertirait pas la raffinose. Pour m'assurer de la chose, j'abandonnai pendant dix jours différentes portions de liquide Raulin additionné de raffinose, et jamais, pendant ce laps de temps, je n'ai pu déceler la présence de sucre interverti.

Ce n'est pas à dire cependant que l'acide tartrique soit incapable d'intervertir à froid la raffinose, mais il faudrait pour cela que la quantité d'acide fût plus considérable que celle qui entre dans la composition du liquide Raulin et que la durée de contact fût plus prolongée.

Ce procédé de stérilisation était donc applicable et je préparai de la sorte huit ballons que j'ensemençai comme il a été dit plus haut.

Je dosai le premier jour l'acidité, la raffinose, l'interverti.

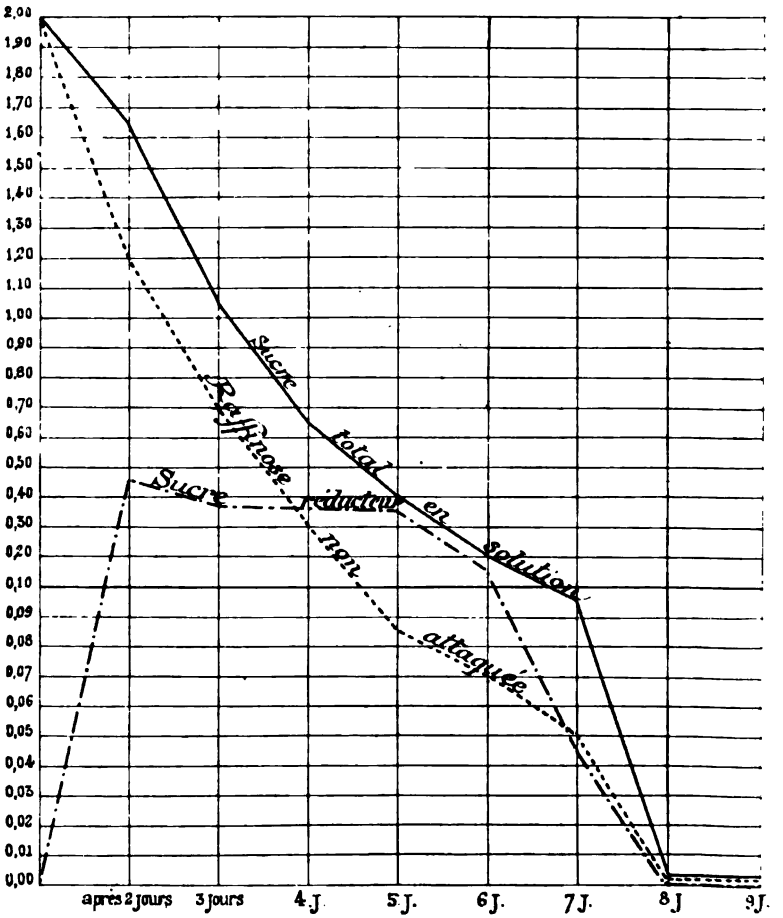
Les mêmes dosages furent faits chaque jour jusqu'à disparition complète du sucre offert à la plante.

Le dernier jour, alors que toute trace de sucre avait disparu, je déterminai comme à l'ordinaire le poids de la plante sèche.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus dans cette quatrième expérience :

| DURÉE DE L'ACTION. | Acidité prise au tournesol exprimée en $SO^4H^2$. | Interverti par 100 centimètres cubes. *a*. | Raffinose non attaquée évaluée en sucre réducteur. *b*. | TOTAL. Sucre restant. *a* + *b*. |
|---|---|---|---|---|
| 1er jour. — Liquide primitif. | 1gr,020 | — | — | — |
| Après 2 jours. | 0gr,905 | 0.450 | 1.210 | 1.660 |
| Après 3 jours. | 0gr,817 | 0.368 | 0.698 | 1.066 |
| Après 4 jours. | 0gr,952 | 0.360 | 0.292 | 0.652 |
| Après 5 jours. | 1gr,160 | 0.350 | 0.087 | 0.437 |
| Après 6 jours. | 1gr,302 | 0.140 | 0.070 | 0.210 |
| Après 7 jours. | 0gr,940 | 0.045 | 0.050 | 0.095 |
| Après 8 jours. | 0gr,876 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

*Graphique montrant la marche de la destruction du raffinose en solution à 2 % dans le liquide Raulin sous l'action de l'*ASPERGILLUS NIGER.



Au moment où tout le sucre avait disparu, la récolte fut pesée à l'état sec.

Elle me donna un poids de $0^{gr},529$ pour 60 centimètres cubes de solution.

Les 60 centimètres cubes renfermaient $1^{gr},20$ de raffinose.

La quantité de raffinose nécessaire pour produire 1 gramme de plante se calculera de la façon suivante :

$$\frac{0.529}{1.20} = \frac{1}{x},$$

d'où

$$x = \frac{1.20}{0.529} = 2.25.$$

Le graphique ci-contre peut facilement être tracé en prenant comme ordonnées la teneur pour cent en sucre et comme abscisses le nombre de jours qu'a duré l'expérience.

Si on examine dans le tableau précédent la marche de l'acidité pendant tout le cours du développement de l'*Aspergillus*, on voit qu'elle diminue un peu au début, tombant de $1^{gr},020$ par litre à $0^{gr},800$, pour remonter ensuite les quatrième, cinquième et sixième jour, et atteindre $1^{gr},300$ par litre.

Les jours suivants, elle décroît au fur et à mesure que l'aliment hydrocarboné se fait plus rare, pour n'être plus le huitième jour que de $0^{gr},870$.

Je m'attachai donc à rechercher la cause de cette augmentation d'acidité dans le liquide de culture.

Pour cela, au moment où le degré d'acidité atteignait sa valeur maxima, et comme je soupçonnais la présence de l'acide oxalique, je prélevai une partie de la solution

à laquelle j'ajoutai un peu d'ammoniaque et du chlorure de calcium.

J'obtins un précipité insoluble dans l'acide acétique. Il existe cependant deux acides qui produisent cette même réaction ; ce sont l'acide oxalique et l'acide paratartrique. Je chauffai donc le précipité obtenu au rouge et autant que possible à l'abri de l'air ; le paratartrate de chaux, en se décomposant, laisse un dépôt notable de charbon. Ce dépôt, je ne l'obtins pas. J'avais donc bien affaire à l'acide oxalique.

L'*Aspergillus niger* avait donc agi avec la raffinose de la même façon qu'avec le saccharose. Il l'avait brûlée en donnant comme produit intermédiaire de l'acide oxalique.

CONCLUSIONS.

Il résulte des recherches précédentes sur l'hydrolyse de la raffinose par l'*Aspergillus niger* que :

1° Cette moisissure sécrète une diastase capable d'intervertir la raffinose; l'inversion ne s'arrête pas au terme mélibiose, ce qui prouve qu'il y a sécrétion d'une diastase capable d'intervertir le mélibiose en dextrose et galactose.

2° La raffinose est complètement utilisée par l'*Aspergillus* qui la fait disparaître en un laps de temps sensiblement égal à celui qu'il mettrait pour utiliser la même quantité de saccharose.

3° L'*Aspergillus niger* produit, aux dépens de la raffinose, de l'acide oxalique qui contribue à relever le degré d'acidité du liquide de culture.

Gembloux. Laboratoire de botanique
de l'Institut agricole de l'État.

—

*Nouvelles recherches sur la distillation de la dypnone;*
par Michel Ameye.

Je me suis proposé, dans ce travail, de poursuivre les recherches commencées par M. le professeur Delacre, au sujet de l'action de la chaleur sur la dypnone. Ce composé, isolé par lui, répond à la formule

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH_3 \end{matrix} > C = CH - CO - C^6H^5.$$

On sait que ce corps, homologue de l'oxyde de mésityle, est le premier degré de la condensation de l'acétophénone vers la triphénylbenzine. Tout ce qui se rattache à son histoire prend donc une importance considérable à l'égard de l'étude du mécanisme de la synthèse de la benzine.

Cette synthèse graduelle est devenue un fait accompli par la découverte des nombreux dérivés de la dypnopinacone. Rechercher parallèlement le mécanisme de la synthèse par l'action de la chaleur seule sur la dypnone, tel était le problème dont M. Delacre avait abordé l'étude dans une première communication sur ce sujet en 1893 (*).

Je me suis efforcé de suivre la même voie, et j'ai tourné mes efforts vers l'analyse du produit volatil précédemment isolé.

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVI, n° 11.

L'importance de cette analyse n'échappera à personne; on sait, en effet, que dans l'action de la chaleur sur la dypnone ($C^{16}H^{14}O$) il se forme, à envisager largement les choses :

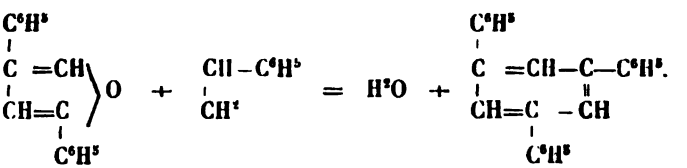
1° Un produit volatil;

2° Du diphénylfurfurane (Engler et Dengler);

3° De la triphénylbenzine.

Or M. Delacre, dans son précédent mémoire, s'était demandé si la triphénylbenzine n'était pas le résultat de l'action du styrol sur le diphénylfurfurane :

$$C^{16}H^{12}O + C^{8}H^{8} = C^{24}H^{18} + H_2O,$$



Pour vérifier cette hypothèse séduisante, il fallait commencer par établir la nature du produit volatil. La présence du styrol y était établie seulement *a priori*, d'après les considérations théoriques tendant à admettre que la condensation de deux molécules de dypnone $C^{16}H^{14}O$, pour produire de la triphénylbenzine $C^{24}H^{18}$, devait forcément abandonner un résidu en $C^8$.

M. Delacre a indiqué le moyen d'obtenir facilement ce produit volatil supposé contenir du styrol; j'ai suivi sa manière de procéder; je renvoie à son mémoire pour les détails.

## PREMIÈRE PARTIE.

### *Analyse du produit volatil.*

Le produit volatil contient de l'acide benzoïque et sa proportion reste constante pendant toute la durée de l'opération.

En effet, en chauffant à 350 degrés 275 grammes de dypnone, et prélevant successivement chaque fois 10 grammes du liquide distillé, le dosage acidimétrique m'a donné les titres suivants en acide benzoïque :

| | |
|---|---|
| 1°. . . . . | 0gr,610; |
| 2°. . . . . | 0gr,549; |
| 3°. . . . . | 0gr,549; |
| 4°. . . . . | 0gr,585; |
| 5°. . . . . | 0gr,610. |

Ce résultat donne à l'acide benzoïque une importance particulière, comme étant probablement un produit constant, et par conséquent normal, de la réaction condensatrice.

### 1° *Purification des composés hydrocarbonés.*

Cette simple observation faite, il restait à extraire, du produit volatil débarrassé d'acide, les composés hydrocarbonés à l'état pur.

En effet, on n'avait pas pu isoler d'hydrocarbure ayant le point d'ébullition du styrol (145°); le produit isolé bouillait plutôt vers 160°, mais il n'était pas pur, et l'on pouvait accuser les composés cétoniques ou aldéhydiques y contenus d'en élever le point d'ébullition.

A. *Méthode par le bisulfite.* — En traitant environ 60 grammes de mélange par une solution concentrée de bisulfite, j'ai pu, après séparation du liquide non attaqué, retirer de sa combinaison bisulfitique un liquide qui, à la distillation à la colonne, m'a donné 2 grammes à 195°-200°. L'odeur d'aldéhyde benzoïque se dégageait pendant cette réaction; cette observation m'a été utile plus tard.

Le produit 195°-200° donne une azone fusible à 105°; par ce caractère, autant que par son point d'ébullition et son odeur, il s'identifie avec l'acétophénone.

La distillation de l'hydrocarbure traité par le bisulfite ne m'a pas donné de point d'ébullition constant entre 125°-190°; c'est pourquoi, croyant à une élimination incomplète des composés oxygénés, je me suis adressé à une autre méthode.

B. *Méthode par la phénylhydrazine.* — J'ai pris une certaine quantité de produit volatil, dissous dans un excès d'acide acétique glacial, que j'ai additionné de quelques gouttes de phénylhydrazine. Il s'est formé, au bout de quelques instants, de belles aiguilles jaunâtres, très fines; après avoir laissé cristalliser ainsi pendant deux jours, j'ai filtré et lavé les cristaux à l'acide acétique.

A observer attentivement ces cristaux, on y distingue, à côté des aiguilles, quelques cubes fondant à 105°,5, s'identifiant, par conséquent, avec l'azone de l'acétophénone.

Quant aux aiguilles, elles fondaient à 154°.

Me rappelant alors l'odeur d'essence d'amandes amères constatée après le traitement par le bisulfite et le point de fusion de l'azone de l'aldéhyde benzoïque (154°), j'ai pensé avoir reconnu la nature des aiguilles fondant à

154° que j'avais isolées. En faisant agir la phénylhydrazine sur une solution acétique d'aldéhyde benzoïque, j'ai obtenu des aiguilles ayant l'aspect de celles que j'avais isolées par l'action du même réactif sur le produit volatil.

Je rappellerai de plus que M. Delacre avait obtenu une azone fondant à 151° dont il a publié les combustions ci-dessous. Les résultats obtenus confirmant ma façon de voir, m'ont dispensé de faire moi-même l'analyse organique de l'azone fondant à 154°.

Voici les résultats donnés par M. Delacre :

| | I. | II. | Calculé pour $C^6H^5-CH=N-NHC^6H^5$. |
|---|---|---|---|
| C °/. | 80.22 | 79.50 | 80.00 |
| H°/. | 6.75 | 6.56 | 6.6. |

A la suite de l'analyse organique, de la similitude de la forme cristalline, du point de fusion, de l'odeur, je crois pouvoir conclure à la présence d'aldéhyde benzoïque dans le produit volatil.

Ces faits étant établis, voici comment j'ai opéré :

90 grammes de produit volatil brut ont donné, après traitement par la potasse, lavage à l'eau et dessiccation, 83 grammes; on y ajoute 46 grammes d'acide acétique glacial et 8gr,5 de phénylhydrazine. Le mélange s'échauffe fortement; après cinq minutes, il commence à se former de belles aiguilles longues et fines, le liquide se prend peu à peu en masse cristalline.

Après quelques heures, on filtre. Les cristaux sont formés uniquement par l'azone de l'aldéhyde benzoïque; ils pèsent environ 14gr,5; comme l'aldéhyde benzoïque entre pour 54 °/o dans l'azone formée, cela fait en aldéhyde benzoïque environ 7 à 8 grammes.

On ajoute ensuite au liquide filtré une nouvelle quantité (4 grammes environ) de phénylhydrazine et on attend plusieurs jours afin de laisser cristalliser l'azone de l'acétophénone que l'on peut ainsi séparer d'une façon fort commode.

Le produit volatil, chargé d'acide acétique et de phénylhydrazine en excès, est distillé ensuite à la vapeur d'eau; le rendement de cette opération est bon d'ordinaire; par suite d'une cause fortuite, je n'ai pu, dans cette expérience, recueillir que 50 °/₀ du produit mis en œuvre.

Le produit volatil, débarrassé de l'acide acétique et de la phénylhydrazine, rectifié à la colonne, a donné :

| | |
|---|---|
| De 130°-140°. . | 3 grammes. |
| » 140°-165°. . . | 26gr,5 |
| » 165°-175°. . . | 4gr,5 |

La fraction 140°-165° étant la plus importante, j'en ai fait principalement l'objet de mes recherches. J'en ai déterminé l'indice de brome et la densité de vapeur.

### 2° *Action du brome.*

Les hydrocarbures purifiés par la phénylhydrazine absorbent le brome avec énergie. Il était intéressant de doser le brome absorbé, afin de déterminer le degré de saturation des composés hydrocarbonés.

Voici le mode opératoire dont je me suis servi.

Dans un flacon bouché à l'émeri, j'ai mis 100 c. c. d'eau, 10 c. c. de sulfure de carbone, une goutte de solution d'amidon, le produit hydrocarboné exactement

pesé, enfin le brome pur pesé dans une ampoule. On casse l'ampoule, on agite vivement, puis on ajoute 10 c. c. d'une solution au dixième d'iodure de potassium.

L'excès de brome est titré par une solution normale décime d'hyposulfite. Par différence, on a la quantité de brome absorbé.

Afin de m'assurer de la méthode employée, j'ai fait deux expériences avec du styrol pur; elles ont donné :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Indice trouvé : | 152.5 | Indice calculé : | 153.6 |
| | 153.2 | | |

Voici, résumés en un tableau, les résultats obtenus avec la fraction 140°-165° du produit volatil :

| | Substance employée. | Brome absorbé. | Brome °/₀ indice. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| 1 . . . | 0gr,4728 | 0gr,3556 | 75.2 |
| 2 . . . | 0gr,5405 | 0gr,4086 | 75.6 |
| 3 . . . | 0gr,3866 | 0gr,2926 | 76.6 |
| 4 . . . | 0gr,2496 | 0gr,1890 | 76.04 |

Ces chiffres sont beaucoup trop faibles, eu égard aux indices des hydrocarbures aromatiques non saturés dont le point d'ébullition est compris entre 140° et 165°. Le styrol répond à un indice de 153, $C^9H^{10}$ à 135. On se trouve donc amené à supposer que le produit examiné, éb. 140°-165°, est un mélange d'hydrocarbures saturés et non saturés. Nous reviendrons plus loin sur cette hypothèse.

La solution de sulfure de carbone contenant le bromure

formé est décantée, desséchée et abandonnée à l'évaporation; il reste une huile jaunâtre que je n'ai pu faire cristalliser.

### 3° *Densité de vapeur.*

Il était intéressant de connaître le poids moléculaire de la portion hydrocarbonée 140°-165°; à cet effet, la méthode des densités de vapeurs se trouvait indiquée.

Mon choix s'est porté sur la méthode de Victor Meyer.

Dans les deux expériences qui vont suivre, j'ai employé l'acétophénone (198°) comme liquide du manchon. Voici les données et les résultats :

$$D = \frac{P.760(1 + 0.003665t)}{(H - h)\,V.(0.001293)}.$$

1. $P = 0^{gr},1071$
   $t = 19°$
   $H = 755^{mm},5$ $\qquad D = \frac{86.92}{21.73} = 4.00$
   $h = 16^{mm},3$
   $V = 22^{cc},8$

   Le poids moléculaire : $28.78 \times 4 = 115.12$.

2. $P = 0^{gr},1230$
   $t = 19°,5$
   $H = 775^{mm},0$ $\qquad D = \frac{100.22}{25.09} = 3.99$
   $h = 16^{mm},8$
   $V = 25^{cc},6$

   Poids moléculaire : 114.83.

La partie hydrocarbonée 140°-165° que je viens d'examiner possède donc un poids moléculaire d'environ 115. Or $C^8H^8 = 104$ et $C^9H^{10} = 118$. Comme ces deux composés sont voisins, il n'y a qu'un moyen d'interpréter la densité de vapeur trouvée, c'est d'admettre la présence dans le produit de plusieurs hydrocarbures.

D'autre part, l'indice de brome trouvé (75) est beaucoup trop faible pour $C^8H^8$ ou $C^9H^{10}$, et pour arriver à un composé éthylénique cadrant avec cette détermination, on serait forcé d'atteindre à des termes tellement élevés dans la série, qu'il faudrait, pour admettre leur présence dans le liquide bouillant à 140°-165°, rejeter la donnée si précieuse des points d'ébullition.

Il n'y a donc qu'une interprétation possible : on doit admettre que le produit bouillant à 140°-165° est un mélange d'hydrocarbures saturés et non saturés.

La densité de vapeur nous indique que ce doit être un mélange des hydrocarbures suivants : $C^8H^8$, $C^9H^{10}$, $C^8H^{10}$, $C^9H^{12}$.

4° *Ces hydrocarbures ne contiennent pas de styrol.*

J'avais commencé mes recherches, convaincu de la présence du styrol dans le produit volatil.

L'impossibilité dans laquelle je me suis trouvé de séparer cet hydrocarbure par distillation fractionnée, les résultats des déterminations de densités de vapeurs et d'indices de brome n'étaient pas sans avoir modifié quelque peu ma manière de voir; cependant, par suite de l'hypothèse du mélange de deux hydrocarbures, j'ai cru nécessaire de rechercher cet hydrocarbure avec une attention particulière.

Dans ce but, j'ai exécuté sur du styrol préparé par moi, à l'aide de la méthode de Miller (*), les réactions considérées comme caractéristiques de ce corps, suivant les indications données par M. Berthelot (**), c'est-à-dire la polymérisation par l'acide sulfurique, l'action de l'iodure de potassium ioduré, la polymérisation en tube scellé par la chaleur seule à 200°.

Cette dernière action est considérée par le savant chimiste dont j'ai suivi les données comme la meilleure permettant de retirer le styrol de mélanges complexes (huiles de goudron).

Tous mes essais pour retrouver le styrol dans mes hydrocarbures, soit d'une part par l'acide sulfurique ou par l'iodure de potassium ioduré, soit d'autre part à l'état polymérisé en tubes scellés par la chaleur à 200°, ont été infructueux.

Je conclus, par conséquent, à l'absence du styrol dans le produit volatil.

5° *Recherches par le brome de la capacité de saturation des différentes fractions du produit volatil.*

L'absence de styrol se trouve confirmée par les dosages d'hydrocarbures non saturés dans les différentes portions obtenues par distillation fractionnée au moyen d'un appareil Le Bel-Henninger.

---

(*) *Ann.*, 189, p. 339.

(**) *Bull. Soc. chim. de Paris*, 6, p. 295.

Voici le tableau résumant les résultats obtenus :

| FRACTIONS. | IMPORTANCE de la fraction. | SUBSTANCE employée. | BROME absorbé. | BROME °/₀. Indice. |
|---|---|---|---|---|
| 130°-150° | 2 grammes. | 0gr,3506 | 0gr,1941 | 55.3 |
| 150°-165° | 6 — | 0gr,3745 | 0gr,3993 | 106.6 |
| 165°-175° | 3 — | 0gr,4820 | 0gr,3494 | 72.4 |
| 175°-200° | 1gr,5 | 0gr,4412 | 0gr,1352 | 30.6 |

6° *Conclusions.*

Toutes les données expérimentales que j'ai recueillies jusqu'ici me permettent de conclure à l'absence du phénylacétylène.

Quant au styrol, après une étude spéciale, j'ai également conclu à son absence.

J'ai fait allusion plus haut aux hydrocarbures non saturés en $C^9H^{10}$. Je n'ai pu isoler ces corps ; il serait dès lors prématuré de vouloir tirer une conclusion à ce sujet. Je suis arrivé seulement à circonscrire la recherche de l'hydrocarbure non saturé ; les résultats me portent à croire à la présence de l'allylbenzine ou de ses isomères : ce sont les corps qui se rapprochent le plus des données expérimentales obtenues. Je serais heureux si une étude ultérieure plus complète confirmait mes prévisions.

A côté de la conclusion tendant à admettre que l'hydrocarbure non saturé contenu dans le produit volatil

serait un composé de la formule $C^6H^5.C^3H^5$, il en est une autre qui n'est pas moins importante. Le résultat du dosage par le brome démontre en effet qu'il y a, à côté de ce ou de ces hydrocarbures non saturés, plusieurs autres hydrocarbures saturés : au moins un à point d'ébullition inférieur à 140°, et au moins un à point d'ébullition supérieur à 175°. Il est vrai que cette conclusion n'est valable qu'autant que le produit sur lequel j'ai opéré ait été parfaitement exempt de composés oxygénés.

## SECONDE PARTIE.

### *Action de la chaleur sur le produit volatil.*

Elle a été étudiée sur un produit brut, simplement rectifié et privé d'acide benzoïque. L'acétophénone a été éliminée autant qu'il était possible de le faire par rectification.

J'ai chauffé en tubes scellés vers 280° pendant 80 heures et recueilli pour 28 grammes, par distillation dans le vide :

| | | |
|---|---|---|
| Sous | 200° | 10gr,5 |
| » | 200°-280° | 7 grammes. |
| » | 280°-330° | 5gr,5 |
| Résidu . . . . . | | 3gr,5 |

La fraction 200°-280° contient de la dypnone identifiée par l'azone, mais sa présence n'offre pas un grand intérêt,

puisque je n'ai pas opéré sur un mélange complètement exempt d'acétophénone.

Ce qui est intéressant, c'est que la première portion rectifiée donne sous 140° un liquide qui n'absorbe plus du tout le brome. Il possède le point d'ébullition de l'éthylbenzine. Par le brome, il se fait un liquide à odeur de rose; enfin, deux densités de vapeurs m'ont donné des résultats concordants dont voici les données.

Méthode Victor Meyer; liquide du manchon : acétophénone.

$$D = \frac{P.\ 760\ (1 + 0.0036651)}{(H - h)\ V.\ 0.001293}.$$

1. $P = 0^{gr},0788$
   $t = 17°$
   $H = 765^{mm}$ $D = 3.67$
   $h = 15^{mm},3$
   $V = 18^{cc}$

   Poids moléculaire : 105.62.

2. $P = 0^{gr},0762$
   $t = 19°$
   $H = 767^{mm}$ $D = 3.66$
   $h = 16^{mm},3$
   $V = 17^{cc},4$

   Poids moléculaire : 105.34.

Le poids moléculaire de $C^8H^{10}$ est 106.

*Combustions.*

| | I | II. | |
|---|---|---|---|
| Substance : | 0gr,2560 | 0gr,3211 | |
| Eau : | 0gr,2112 | 0gr,2807 | |
| Acide carbonique : | 0gr,8408 | 1gr,0556 | |
| | 0gr,0073 | 0gr,0087 | |
| | | | Calculé pour $C^8H^{10}$. |
| C °/. | 90.36 | 90.39 | 90.60 |
| H °/. | 9.59 | 9.70 | 9.40 |
| | 99.95 | 100.09 | 100.00 |

L'action de la chaleur est un moyen facile d'éliminer l'hydrocarbure non saturé que contient le produit volatil; cela permet d'identifier sans difficultés l'éthylbenzine. Quant à déterminer comment s'élimine l'hydrocarbure non saturé, c'est une question dont je remets l'étude à plus tard ; j'avais pensé que l'aldéhyde benzoïque était l'agent de cette élimination, mais certaines objections qui se présentent ne me permettent d'adopter cette manière de voir que sous toutes réserves.

Université de Gand. Laboratoire de recherches.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Bellynck* (*A.*). Cours de botanique, 3e édition entièrement remaniée et mise au courant des découvertes récentes. 1re partie : Botanique générale. Namur, 1899; in-8° (394 p.).

*Van den Broeck* (*E.*). Observations nouvelles sur le gisement et sur l'âge des Iguanodons de Bernissart. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (12 p.).

— L'émigration considérée comme facteur de l'évolution et de la filiation des espèces, considérations présentées à l'occasion d'une note de M. Locard sur l'extension de la faune malacologique boréale dans les profondeurs de l'Atlantique du sud. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (8 p.).

— Le discours de M. Éd. Dupont à la séance publique du 16 décembre 1898 de l'Académie des sciences de Belgique, consacré à l'évolution et au phénomène de la migration. Étude critique. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (14 p.).

*Société belge de géologie.* Procès-verbaux des séances tenues en 1898 par la Section permanente d'Études du grisou de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, (tome Ier de la série spéciale). Bruxelles, 1899; extr. in-8° (171 p.).

— Série spéciale des Mémoires présentés à la Section permanente d'Études sur le grisou, 1898 : N° 1, *Ém. Harzé :* Du grisou. Extr. in-8° (12 p.). N° 2, *E. Van den Broeck :* Les prévisions grisouteuses. Recherches préliminaires faites à l'occasion des « avertissements » de M. Francis Laur. Analyse des faits et observations complémentaires relatives

à l'exposé des données fournies par les éléments magnétiques. Extr. in-8° (32 p.).

*d'Ocagne.* Leçons sur la théorie des marées professées au Collège de France par Maurice Lévy. Note bibliographique. Louvain, 1899; extr. in-8° (11 p.).

*Exposition internationale de Bruxelles, 1897.* Catalogue de la Section des sciences, 1er et 2e fascicules. 1897-1898.

*Forir (H.).* Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique dans la vallée de l'Ourthe et à Modave en 1892. Liége, 1897; extr. in-8° (56 p., 1 pl.).

— Notices biographiques. Liége, 1895; extr. in-8° (58 p., 1 carte).

— Sur la série rhénane des planchettes de Félenne, de Vencimont et de Pondrome. Liége, 1896; extr. in-8° (21 p., 1 pl.).

— Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique, tenue à Liége et à Bruxelles du 5 au 8 septembre 1896. Liége, 1897; extr. in-8° (48 p. et 1 pl.).

— Sur le prolongement occidental du bassin de Theux. Rectification. Liége, 1898; extr. in-8° (8 p.).

— Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique, tenue à Huy du 2 au 5 octobre 1897. Liége, 1899; extr. in-8° (57 p., 1 pl.).

— Quelques faits géologiques intéressants observés récemment. Liége, 1898; extr. in-8° (2 p.).

— Quelques mots sur les dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse. Les schistes de Matagne. Liége, 1898; extr. in-8° (18 p.).

— Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique, tenue à Beauraing et à Gedinne en 1898. Liége, 1899; extr. in-8° (44 p., 1 pl.).

*État Indépendant du Congo.* Annales du Musée du Congo, série III, Ethnographie et Anthropologie : L'âge de la pierre au Congo, par Xavier Stainier, tome Ier, fascicule 1. Bruxelles, 1899; in-4°.

*Ministère de l'Industrie et du Travail.* Carte géologique de la Belgique, au 40,000e : 7e envoi : feuilles de Ippenroy, Meerle, Maerlé, Wuestwezel-Hoogstraeten, Nieuwehoef-Borkel-Brug, Beverbeek, Lommel-Overpelt, Hamont-Veldhoven, Grootbeersel, Bourg-Léopold-Peer, Meuwen-Brée, Maeseyck-Ophoven, Gestel-Opoeteren, Stockheim-Heppenert, Diest-Herck-la-Ville, Reckheim, Poperinghe-Ypres, Meldert-Tirlemont, Florenville-Izel, Villers-devant-Orval.

MONS. *Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut.* Mémoires, tome X, 1898.

—

AMÉRIQUE.

NEW-YORK. *Museum of natural history.* Bulletin, vol. X, 1898.

SALEM. *American Association.* Proceedings, 47th meeting at Boston in 1898.

BALTIMORE. *Maryland geological Survey,* volume II, 1898.

WASHINGTON. *Smithsonian Institution.* Annual report, 1896.

MADISON. *Geological and natural history Survey.* Bulletin, nos 1 and 2. Madison, 1898.

— *Wisconsin Academy.* Transactions, vol. XI, 1896-97.

ROCHESTER. *Geological Society.* Bulletin, IX, 1898.

—

FRANCE.

*Dufet* (*H.*). Recueil de données numériques publié par la Société française de physique. Optique. 2e fascicule, Paris, 1899 ; in-8°.

PARIS. *Observatoire.* Atlas photographique de la Lune, exécuté par MM. Loewy et Puiseux, 3e fascicule. 1898 ; cahier in-4° et atlas in-folio contenant les planches XII-XVII.

—

PAYS DIVERS.

*British Association for the advancement of science.* Report of the 68th meeting at Bristol in 1898.

BRISBANE. *Royal geographical Society.* Proceedings and transactions, vol. XIII, 1897-1898.

VÉRONE. *Accademia.* Memorie, volume LXXIV, 1898.

COPENHAGUE. *Institut météorologique.* Annuaire, 2e partie, 1894; 1re partie, 1896. Observations météorologiques-nautiques, 1898.

GENÈVE. *Société de physique et d'histoire naturelle.* Mémoires, tome XXXIII, 1re partie. 1898; in-4°.

LUND. *Université.* Acta, XXXIV. 1898; in-4°.

BERGEN. *Museum.* Aarbog, 1898.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 4.

*Séance du 15 avril 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Ch.-J. de la Vallée Poussin, *correspondant.*

M. le Directeur annonce que, par arrêté royal en date du 14 avril courant, le prix décennal des sciences philosophiques (deuxième période, 1888-1897), est attribué à l'œuvre de feu J. Delbœuf. (*Applaudissements.*)

## CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification de la mort de l'un des associés de sa section des sciences naturelles, M. O.-C. Marsh, professeur de paléontologie à Yale University, décédé à New-Haven (É.-U.), le 18 mars dernier.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie une ampliation de l'arrêté royal en date du 6 mars, réduisant à cinq le nombre des membres des jurys pour les prix quinquennaux et décennaux.

— M. le général Rykatchew, directeur de l'Observatoire physique central de Russie, fait savoir que l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg fêtera le cinquantième anniversaire de cet établissement dans une séance publique qui se tiendra le 1er/13 avril 1899.

M. le Secrétaire perpétuel ajoute qu'il a adressé les félicitations de la Classe à M. Rykatchew.

— M. le Dr Slosse, de l'Institut Solvay, demande le dépôt dans les archives d'un billet cacheté portant la date du 17 mars 1899.

Une demande semblable est faite par M. Vandevyver,

répétiteur à l'Université de Gand, pour son billet remis à l'Académie le jour même de la séance.

— Ces dépôts sont acceptés.

— L'Académie royale de médecine de Belgique envoie le programme de ses concours pour les années 1899 et 1900.

— La Société chimique allemande, à Berlin, demande le concours de l'Académie pour la formation d'une Commission internationale pour résoudre la question des « poids atomiques à employer dans la pratique ».

La Classe délègue MM. Henry et Spring.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des recueils dont les titres suivent :

*Revue de l'Université de Bruxelles*, 4e année, 1898-1899, nos 1 à 6;

*Ciel et Terre*, 22e année, 1898-1899;

*Annales du Cercle hutois des sciences et beaux-arts*, tomes XI, 3; XII, 1.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° a) *Le climat de la Belgique en 1897;* b) *Court aperçu du climat du Congo;* c) *Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire en 1898;* d) *De l'intérêt des relevés journaliers des heures de soleil;* e) *De la manière d'utiliser les observations hygrométriques;* par Alb. Lancaster;

2° *La compression de la vapeur dans l'espace mort;* par L. Anspach;

3° *La faune du Rupelien supérieur;* par Ed. Delheid;

4° *L'esprit scientifique contemporain;* par Foveau de Courmelles.

M. Max. Lohest envoie 32 extraits des *Annales de la Société géologique de Belgique*, 1885-1897.

— Remerciements.

— Les travaux manuscrits suivants sont renvoyés à l'examen :

1° *Description d'un ballon-parachute* inventé par Jos. Moelans, instituteur à Anvers. — Commissaires : MM. Brialmont et De Heen;

2° *Sur la pression atmosphérique;* par Hubert Hanosset, à Liége. — Commissaires : MM. Lancaster et Terby;

3° *Note sur la gravitation;* par J.-I. Lengsfield, de Vicksburg (É.-U.). — Commissaire : M. Ch. Lagrange;

4° *Sur quelques dérivés fluobromés en* $C^2$ (troisième communication); par Fréd. Swarts. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

5° *Description cristallographique du quartz de Quenast;* par D. Vanhove, aide-préparateur à l'Université de Gand. — Commissaires : MM. Renard et de la Vallée Poussin;

6° *Sur certaines oscillations périodiques de la pression artérielle;* par H. Rulot. — Commissaires : MM. L. Fredericq et Masius.

7° *Changements de composition d'une masse gazeuse injectée dans le tissu cellulaire sous-cutané;* par Léon Plumier. — Commissaires : MM. L. Fredericq et Masius.

## RAPPORTS.

—

*Sur les phénomènes calorifiques présentés par une barre métallique brusquement refroidie;* par E. Lagrange, professeur à l'École militaire.

*Rapport de M. De Heen, premier commissaire.*

« M. E. Lagrange s'occupe, dans le travail qu'il présente à l'Académie, du phénomène suivant : Si l'on soumet, à l'une de ses extrémités, une barre de fer à l'action d'une source calorifique, de manière à la porter au rouge, et qu'on la refroidisse ensuite brusquement en la plongeant dans l'eau, c'est une opinion courante qu'après plusieurs opérations semblables, il devient difficile de tenir à la main l'extrémité non chauffée et que, à chaque immersion dans le liquide froid, on constate à la main un réchauffement sensible de la barre.

Ce fait, qui avait paru anormal, avait déjà attiré l'attention de plusieurs physiciens qui ne pensaient pas pouvoir l'expliquer à l'aide des lois générales de la propagation de la chaleur. M. E. Lagrange vient de jeter le jour sur cette question et montre, à l'aide d'une expérience fort bien conduite, qu'il ne se produit là rien d'anormal.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de la note de M. E. Lagrange dans les *Bulletins* de l'Académie. »

M. G. Van der Mensbrugghe, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, aux conclusions du rapport de M. De Heen.

La Classe adopte la proposition de ses commissaires.

—

*Les Soleils*; par le chevalier de Longrée.

**Rapport de M. Ch. Lagrange, premier commissaire.**

« La note soumise à l'appréciation de l'Académie est, en fait, prise dans son ensemble, une paraphrase d'idées actuellement en cours concernant la constitution du Soleil et des étoiles, où l'analyse spectrale révèle l'existence de noyaux incandescents (liquides ou solides), entourés d'atmosphères contenant des corps à l'état de vapeurs. A cet égard, le travail de l'auteur ne renferme aucune matière nouvelle.

D'autre part, parmi ses hypothèses fondamentales, il en est — telle la température très élevée d'un noyau solaire métallique, supposé doué en même temps d'une puissante intensité magnétique; telle encore la densité très considérable attribuée au Soleil et inconciliable avec les données de l'attraction — qui sont en opposition avec des faits physiques bien établis.

Pour les deux raisons que je viens d'indiquer, il ne m'est pas possible de proposer à la Classe l'insertion de la note actuelle dans ses publications. »

M. Folie déclarant adhérer à cette conclusion, la Classe décide le dépôt aux archives de la note de M. le chevalier de Longrée.

—

MM. Dewalque, Ch.-J. de la Vallée Poussin et Van Beneden, donnent lecture de leurs rapports sur une *Réclamation de priorité au sujet de l'exposé des rapports existant*

*entre le phénomène de l'émigration et la filiation des espèces,* par M. E. Van den Broeck.

Dépôt de cette communication et des rapports dans les archives de l'Académie.

---

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

---

*Sur les mouvements continus de circulation d'un fluide par l'action de centres fixes;* par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

**1.** L'une des questions les plus importantes de la physique est de savoir si des forces émanées de centres fixes peuvent, à partir d'un état initial de repos, déterminer des états de mouvement permanents; en d'autres termes, si l'équilibre statique de corps ou de milieux soumis à l'action de semblables forces est toujours possible.

Déjà, dans un autre travail (*), nous avons étudié le mouvement continu d'un fluide soumis à l'action simultanée d'un potentiel newtonien et d'un potentiel électromagnétique. Nous nous proposons ici d'examiner généralement et en principe, dans le point de vue indiqué, le cas d'un milieu régi par les équations de l'hydrodynamique. Nous ferons suivre cette analyse de quelques remarques sur les applications possibles de la théorie des mouvements continus de milieu à différents problèmes.

---

(*) *Étude sur le système des forces du monde physique,* §§ 248 et suivants (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLVIII, 1892).

**2.** Examinons tout d'abord les conditions d'équilibre statique du fluide. Soient $p$ et $\rho$ sa pression et sa densité au point $xyz$, $p$ étant liée à $\rho$ par la relation $p = K\rho$, où K est supposé un coefficient constant, et considérons le fluide comme soumis à l'action de forces émanant de points fixes, dépendantes de potentiels fonctions de la distance, que nous désignerons par V et $\psi$, et dépendantes aussi généralement, en chaque point, de la densité $\rho$ du fluide.

En désignant par $X_1Y_1Z_1$, $X_2Y_2Z_2$ les composantes suivant les axes, respectivement dépendantes de V et de $\psi$, des forces motrices qui agissent sur la molécule $\rho.dxdydz$, les équations de l'équilibre statique seront

$$(1) \quad \ldots\ldots \quad \left\{ \begin{aligned} X_1 + X_2 - \frac{dp}{dx} &= 0, \\ Y_1 + Y_2 - \frac{dp}{dy} &= 0, \\ Z_1 + Z_2 - \frac{dp}{dz} &= 0. \end{aligned} \right.$$

On peut envisager différents cas :

Si les forces sont indépendantes de la densité $\rho$, c'est-à-dire si, au point $xyz$, dans une direction quelconque S, on a, par exemple, simplement, pour les composantes $S_1$, $S_2$ des forces motrices exercées dans cette direction,

$$S_1 = \frac{dV}{ds} \quad \text{et} \quad S_2 = \frac{d\psi}{ds},$$

$p$ est une fonction des coordonnées $xyz$ donnée par l'équation

$$(2). \quad \ldots\ldots \quad p = V + \psi + C,$$

où C est une constante; et l'équilibre est toujours possible. Il en sera de même encore si $S_1$ et $S_2$ dépendent de $\rho$ par un même facteur $\varphi(\rho)$, de manière que l'on ait

$$S_1 = \varphi(\rho)\frac{dV}{ds}, \quad S_2 = \varphi(\rho)\frac{d\psi}{dn};$$

car alors on aura, pour déterminer $p$, l'équation

$$\frac{1}{\varphi\left(\frac{p}{K}\right)}dp = dV + d\psi,$$

ou

$$(3). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad C + \int \frac{dp}{\varphi\left(\frac{p}{K}\right)} = V + \psi,$$

et $p$ sera encore une fonction de $xyz$.

Supposons maintenant que $S_1$, $S_2$ soient des fonctions différentes de $\rho$, et, pour fixer les idées sans nuire à la généralité de la conclusion, soient : $S_1$ proportionnelle à $\rho$ (comme dans le cas de l'attraction newtonienne), et $S_2$ indépendante de $\rho$ (comme dans le cas d'une force de surface). $p$ devra dans ce cas satisfaire à l'équation

$$(4). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad dp = \rho dV + d\psi.$$

Intégrons le long d'un contour fermé S, et soit $s$ l'arc variable de ce contour. On aura

$$\frac{dp}{ds} = \rho\frac{dV}{ds} + \frac{d\psi}{ds},$$

avec la relation

$$\rho = \frac{p}{K}.$$

En désignant par C une constante, cette équation a pour intégrale

$$p = Ce^{\frac{V}{K}} + e^{\frac{V}{K}} \int e^{-\frac{V}{K}} \frac{d\psi}{ds} ds.$$

$p_0$ et $V_0$ étant les valeurs de $p$ et V à l'origine du contour, on aura d'ailleurs, pour déterminer C, la condition

$$p_0 = Ce^{\frac{V_0}{K}} + e^{\frac{V_0}{K}} \int^0 e^{-\frac{V}{K}} \frac{d\psi}{ds} ds;$$

ce qui donne

$$(5). \quad . \quad . \quad . \quad p = p_0 e^{\frac{V - V_0}{K}} + e^{\frac{V}{K}} \int_0^s e^{-\frac{V}{K}} \frac{d\psi}{ds} ds.$$

En étendant l'intégrale au contour entier S, V redevient égal à $V_0$ et l'on a

$$(6). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad p = p_0 + e^{\frac{V_0}{K}} \int_0^s e^{-\frac{V}{K}} \frac{d\psi}{ds} ds.$$

Cette équation montre que pour que $p$ reprenne, en revenant à l'origine, sa valeur primitive $p_0$, ce qui est une condition de l'équilibre du fluide, il faut que l'intégrale

$$\int_0^s e^{-\frac{V}{K}} \frac{d\psi}{ds} ds$$

soit égale à zéro. Or, on n'a pas généralement

$$\int_0^s e^{-\frac{V}{K}} \frac{d\psi}{ds} ds = 0,$$

puisque les fonctions V, $\psi$ sont indépendantes.

Cet exemple suffit déjà à établir, comme fait général, l'impossibilité de l'équilibre statique sous l'action de forces à centres fixes, et l'on peut remarquer que cette conséquence fondamentale repose essentiellement sur le fait de la compressibilité du fluide. Le cas de la densité constante est, en effet, équivalent à celui où les forces sont indépendantes de la densité, et dans ce cas l'équilibre existe toujours.

**3.** Cherchons maintenant à donner une forme générale à la condition d'impossibilité de l'équilibre. Cette condition générale se déduit directement des équations et elle consiste en ce que l'équilibre n'est possible que lorsque les forces dues aux deux potentiels ont partout la même direction. Soient $\varphi(\rho)$, $\psi(\rho)$ deux fonctions différentes de la densité $\rho$ par lesquelles les forces motrices $X_1Y_1Z_1$, $X_2Y_2Z_2$ dépendent de celle-ci en chaque point du fluide, de manière que l'on ait

$$(7)\quad \begin{cases} X_1 = \varphi(\rho)\dfrac{dV}{dx}, & Y_1 = \varphi(\rho)\dfrac{dV}{dy}, & Z_1 = \varphi(\rho)\dfrac{dV}{dz}, \\ X_2 = \psi(\rho)\dfrac{d\psi}{dx}, & Y_2 = \psi(\rho)\dfrac{d\psi}{dy}, & Z_2 = \psi(\rho)\dfrac{d\psi}{dz}. \end{cases}$$

On tire des équations (1)

$$dp = (X_1 + X_2)dx + (Y_1 + Y_2)dy + (Z_1 + Z_2)dz.$$

Les conditions pour que $dp$ soit une différentielle exacte, ou $p$ une fonction de $xyz$, sont données par les égalités :

$$(8)\quad \begin{cases} \dfrac{d(X_1+X_2)}{dy}=\dfrac{d(Y_1+Y_2)}{dx}, \quad \dfrac{d(X_1+X_2)}{dz}=\dfrac{d(Z_1+Z_2)}{dx}, \\ \dfrac{d(Y_1+Y_2)}{dz}=\dfrac{d(Z_1+Z_2)}{dy}; \end{cases}$$

et, en vertu de (7), et si $p$ est une fonction de la densité exprimée par $p=f(\rho)$, on a pour la première d'entre elles :

$$\frac{1}{f'(\rho)}\frac{\varphi'(\rho)}{\varphi(\rho)}\left[(Y_1+Y_2)X_1-(X_1+X_2)Y_1\right]$$

$$=\frac{1}{f'(\rho)}\frac{\psi'(\rho)}{\psi(\rho)}\left[(X_1+X_2)Y_2-(Y_1+Y_2)X_2\right],$$

ou

$$(9).\quad .\frac{\varphi'(\rho)}{\varphi(\rho)}\left[Y_2X_1-X_2Y_1\right]=\frac{\psi'(\rho)}{\psi(\rho)}\left[X_1Y_2-Y_1X_2\right].$$

Si $\varphi(\rho)$ est différent de $\psi(\rho)$, cette relation exige que l'on ait

$$X_1Y_2-X_2Y_1=0,$$

ou

$$\frac{X_1}{Y_1}=\frac{X_2}{Y_2},$$

et l'on trouverait semblablement

$$(10).\quad .\quad .\quad .\quad .\quad .\quad .\frac{X_1}{Z_1}=\frac{X_2}{Z_2}, \quad \frac{Y_1}{Z_1}=\frac{Y_2}{Z_2}.$$

La condition cherchée prend donc la forme du théorème suivant : *L'équilibre statique d'un fluide soumis à des forces motrices qui sont en chaque point des fonctions différentes de la densité du fluide est impossible toutes les fois que ces forces n'ont pas en chaque point du fluide la même direction, c'est-à-dire les mêmes surfaces de niveau. Ce résultat est d'ailleurs indépendant de la loi qui lie la pression du fluide à sa densité.*

**4.** Considérons, comme application de ce qui précède, le cas d'un fluide enfermé dans un tube circulaire S (fig. 1),

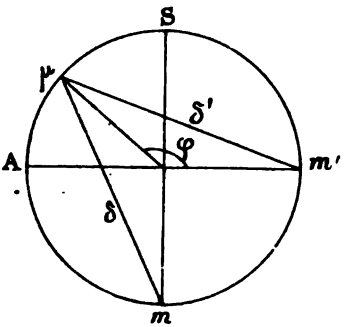



Fig. 1.

de section infiniment petite, et soumis à l'action de deux centres : $m$ (attractif), $m'$ (répulsif), placés sur la circonférence à 90° l'un de l'autre et agissant proportionnellement à la simple distance, la force motrice due à $m$ étant d'ailleurs proportionnelle à la densité $\rho$, et celle qui est due à $m'$ étant indépendante de cette densité.

$\delta$, $\delta'$ étant les distances de $m$, $m'$ à un point $\mu$ du fluide, ce qui précède revient à dire que les potentiels V., $\psi$ correspondants à $m$, $m'$ sont proportionnels à $\delta^2$, $\delta'^2$.

$r$ étant le rayon du tube, $\varphi$ l'angle au centre marqué sur la figure, on a d'ailleurs

$$(11). \quad \ldots\ldots \begin{cases} \delta'^2 = 2r^2(1 - \cos\varphi), \\ \delta^2 = 2r^2(1 + \sin\varphi). \end{cases}$$

Posant

$$(12). \quad \ldots \begin{cases} V = -m\delta^2 = -2mr^2(1 + \sin\varphi), \\ \psi = m'\delta'^2 = 2m'r^2(1 - \cos\varphi), \end{cases}$$

d'où

$$\frac{d\psi}{ds} = \frac{d\psi}{rd\varphi} = 2m'r\sin\varphi,$$

l'intégrale de contour (équat. (6), § 2) s'écrit

$$\int_0^s e^{-\frac{V}{K}\frac{d\psi}{ds}}ds = 2m'r^2 e^{\frac{2mr^2}{K}}\int_0^{2\pi} e^{\frac{2mr^2}{K}\sin\varphi}\sin\varphi\, d\varphi,$$

et l'équation (6) devient

$$(13). \quad \ldots p = p_0 + 2m'r^2\int_0^{2\pi} e^{\frac{2mr^2}{K}\sin\varphi}\sin\varphi\, d\varphi.$$

Il est visible que la différence $p - p_0$ est ici positive.

Les différentielles sous l'intégrale définie, correspondantes à deux valeurs égales et de signes contraires de $\sin\varphi$, sont inégales en valeur absolue, et la valeur absolue correspondante à $-\sin\varphi$ est moindre que cette valeur pour $+\sin\varphi$.

L'impossibilité de l'équilibre statique étant démontrée,

on peut déterminer par des approximations successives les circonstances du mouvement.

Examinons le cas où l'on considère l'équilibre, établi sous l'influence de $\psi$, comme troublé par l'action de V. Soit $u$ la vitesse du fluide considérée comme fonction de l'angle $\varphi$ et du temps $t$. Pour $V = 0$, on a $u = 0$, et le fluide est en équilibre sous l'action de $\psi$. Ainsi $u$ est de l'ordre de V. En négligeant les grandeurs du second ordre en V, c'est-à-dire en négligeant les grandeurs du second ordre en $u$, et introduisant d'ailleurs une force de frottement $-\lambda u$, où $\lambda$ est un coefficient constant, on aura pour équation du mouvement :

$$(14). \quad . \quad . \quad . \quad \frac{du}{dt} = \frac{dV}{ds} + \frac{1}{\rho}\frac{d\psi}{ds} - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds} - \frac{\lambda u}{\rho}.$$

Actuellement, $\rho_1$ désignant la densité due à la seule action de $\psi$, on aura $\rho = \rho_1 + \rho'$ ; l'équation (14) deviendra :

$$(15) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{du}{dt} = \frac{dV}{ds} + \frac{1}{\rho_1}\frac{d\psi}{ds} - \frac{\rho'}{\rho_1^2}\frac{d\psi}{ds} - \frac{K}{\rho_1}\frac{d\rho_1}{ds} - \frac{K}{\rho_1}\frac{d\rho'}{ds} + \frac{K\rho'}{\rho_1^2}\frac{d\rho_1}{ds} \\ + \frac{K\rho'}{\rho_1^2}\frac{d\rho'}{ds} - \frac{\lambda u}{\rho_1} + \frac{\lambda\rho'}{\rho_1}u; \end{aligned} \right.$$

et comme, ici,

$$\frac{1}{\rho_1}\frac{d\psi}{ds} = \frac{K}{\rho_1}\frac{d\rho_1}{ds},$$

on aura, en négligeant encore le second ordre,

$$(16). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{du}{dt} = \frac{dV}{ds} - \frac{K}{\rho_1}\frac{d\rho'}{ds} - \frac{\lambda u}{\rho_1}.$$

On tire de (16) :

$$(17)\quad \frac{d\frac{du}{dx}}{dt} = \frac{d^2V}{ds^2} + \frac{K}{\rho_1^2}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{d\rho'}{ds} - \frac{K}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{ds^2} - \frac{\lambda}{\rho_1}\frac{du}{ds} + \frac{\lambda}{\rho_1^2}u\frac{d\rho_1}{ds}.$$

Actuellement, en négligeant toujours le second ordre, l'équation de continuité s'écrit :

$$(18).\ .\ .\ .\ .\ .\quad \frac{d\rho'}{dt} + \frac{d.\rho_1 u}{ds} = 0.$$

Si l'on suppose le fluide très peu compressible (K très grand), on pourra le considérer comme homogène autour de chaque point et négliger le terme en $u\frac{d\rho_1}{ds}$. On aura alors

$$(18')\ .\ .\ .\ .\ .\ .\quad \frac{d\rho'}{dt} + \rho_1\frac{du}{ds} = 0,$$

ce qui revient à considérer la variation $\rho'$ de la densité comme due, en chaque point, à la seule variation de la vitesse $u$, et à la densité moyenne de la région en ce point.

De (18') on déduit

$$\frac{du}{ds} = -\frac{1}{\rho_1}\frac{d\rho'}{dt},\quad \frac{d\frac{du}{ds}}{dt} = -\frac{1}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{dt^2};$$

et, par l'élimination de

$$\frac{d\frac{du}{ds}}{dt}\quad \text{et}\quad \frac{du}{ds},$$

(17) devient

$$-\frac{1}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{dt^2}=\frac{d^2V}{ds^2}+\frac{K}{\rho_1^2}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{d\rho'}{ds}-\frac{K}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{ds^2}+\frac{\lambda}{\rho_1^2}\frac{d\rho'}{dt}+\frac{\lambda}{\rho_1^2}u\frac{d\rho_1}{ds};$$

ou, en vertu de (16), qui donne

$$\frac{\lambda u}{\rho_1}=\frac{dV}{ds}-\frac{K}{\rho_1}\frac{d\rho'}{ds}-\frac{du}{dt},$$

$$(19)\ \ldots\ \left\{\begin{array}{l}-\frac{1}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{dt^2}=\frac{d^2V}{ds^2}+\frac{K}{\rho_1^2}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{d\rho'}{ds}-\frac{K}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{ds^2}+\frac{\lambda}{\rho_1^2}\frac{d\rho'}{dt}\\ +\frac{1}{\rho_1}\frac{d\rho_1}{ds}\left(\frac{dV}{ds}-\frac{K}{\rho_1}\frac{d\rho'}{ds}\right)-\frac{1}{\rho_1}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{du}{dt}=\frac{d^2V}{ds^2}\\ -\frac{K}{\rho_1}\frac{d^2\rho'}{ds^2}+\frac{1}{\rho_1}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{dV}{ds}+\frac{\lambda}{\rho_1^2}\frac{d\rho'}{dt}-\frac{1}{\rho_1}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{du}{dt}.\end{array}\right.$$

Dans l'état permanent,

$$\frac{d^2\rho'}{dt^2}=0,\qquad \frac{d\rho'}{dt}=0,\qquad \frac{du}{dt}=0,$$

et $\rho'$ est donné par l'équation

$$(20)\ \ldots\ \frac{d^2\rho'}{ds^2}=\frac{\rho_1}{K}\frac{d^2V}{ds^2}+\frac{1}{K}\frac{d\rho_1}{ds}\frac{dV}{ds}.$$

L'intégration de (16) donne d'ailleurs

$$K\rho_1=C+\psi,$$

$\rho$ étant une constante; ou, en introduisant la valeur (12) de $\psi$ :

$$(21).\ \ldots\ K\rho_1=C+2m'r^2(1-\cos\varphi).$$

Soit $\rho_0$ la valeur de $\rho_1$ pour $\varphi = 0$. On aura

$$K\rho_0 = C,$$

et, par conséquent, (21) devient

$$(22) \quad \rho_1 = \rho_0 + \frac{2m'r^2}{K}(1 - \cos\varphi), \quad \text{d'où} \quad \frac{d\rho_1}{ds} = \frac{2m'r}{K}\sin\varphi.$$

Il viendra ensuite, par la substitution de ces expressions dans (20),

$$(23) \quad \frac{d^2\rho'}{ds^2} = \left(\frac{\rho_0}{K} + \frac{2m'r^2}{K^2}\right) 2m \sin\varphi - \frac{4mm'r^2}{K^2}\sin 2\varphi;$$

et on en déduit, en intégrant,

$$(24) \quad \frac{d\rho'}{ds} = -\left(\frac{\rho_0}{K} + \frac{2m'r^2}{K^2}\right) 2mr\cos\varphi + \frac{2mm'r^3}{K^2}\cos 2\varphi + C.$$

On a $C = 0$; car, en dehors de cette condition, on introduirait dans $\rho'$ un terme $Cr\varphi$, et $\rho'$ ne serait plus une fonction de la position des points du cercle (fig. 1).

Il ne reste plus, pour avoir l'expression de $u$ dans l'état permanent, qu'à transporter dans (16) la valeur (24) de $\frac{d\rho'}{ds}$.

On trouve ainsi

$$u = \frac{\rho_1}{\lambda}\frac{dV}{ds} - \frac{K}{\lambda}\frac{d\rho'}{ds}$$

$$= \left[\frac{\rho_0}{\lambda} + \frac{2m'r^2}{\lambda K}(1 - \cos\varphi)\right](-2mr\cos\varphi)$$

$$+ \left(\frac{\rho_0}{\lambda} + \frac{2m'r^2}{\lambda K}\right) 2mr\cos\varphi - \frac{2mm'r^3}{\lambda K}\cos 2\varphi,$$

c'est-à-dire, après réduction,

$$(25) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad u = \frac{2mm'r^3}{\lambda K}.$$

Telle est, en raison inverse du frottement $\lambda$ et en raison directe de la compressibilité $\frac{1}{K}$, la vitesse de la circulation continue du fluide. Ce mouvement a lieu dans le sens A$mm'$S, et il est facile d'en donner l'interprétation physique : le fluide est condensé dans la région SA$m$ par le potentiel répulsif $\psi$ émanant de $m'$ ; et l'action attractive troublante du potentiel V émanant de $m$, en déterminant des pressions inégales entre les deux régions SA$m$, S$m'm$, provoque une rupture continue d'équilibre et fait s'écouler le fluide de SA$m$ vers $mm'$S. L'admission de V comme potentiel initial d'équilibre et de $\psi$ comme potentiel troublant constituerait un cas différent.

**5.** Envisageons maintenant le mouvement du fluide dans les trois dimensions. V et $\psi$ étant toujours les potentiels de deux forces dont l'une agit proportionnellement à la densité $\rho$ du fluide et dont l'autre est indépendante de cette densité, $u$, $v$, $w$ les vitesses au point $xyz$ et au temps $t$, on a, en considérant les variables comme des fonctions de $xyzt$, et en introduisant une force de frottement $-\lambda u$, $-\lambda v$, $-\lambda w$, où $\lambda$ est un coefficient constant, les équations du mouvement :

$$(26) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{du}{dt} + u\frac{du}{dx} + v\frac{du}{dy} + w\frac{du}{dz} &= \frac{dV}{dx} + \frac{1}{\rho}\frac{d\psi}{dx} - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx} - \frac{\lambda u}{\rho} \\ \frac{dv}{dt} + u\frac{dv}{dx} + v\frac{dv}{dy} + w\frac{dv}{dz} &= \frac{dV}{dy} + \frac{1}{\rho}\frac{d\psi}{dy} - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dy} - \frac{\lambda v}{\rho} \\ \frac{dw}{dt} + u\frac{dw}{dx} + v\frac{dw}{dy} + w\frac{dw}{dz} &= \frac{dV}{dz} + \frac{1}{\rho}\frac{d\psi}{dz} - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dz} - \frac{\lambda w}{\rho}; \end{aligned} \right.$$

et l'équation de continuité :

$$(27) \quad . \quad . \quad . \quad \frac{d\rho}{dt} + \frac{d\,\rho u}{dx} + \frac{d.\rho v}{dy} + \frac{d.\rho w}{dz} = 0.$$

Désignons par $p_0$, $\rho_0$ la pression et la densité du fluide, en équilibre sous la seule action de V, et posons

$$p = p_0 + p',$$
$$\rho = \rho_0 + \rho',$$

avec les relations

$$p = K\rho, \quad p_0 = K\rho_0, \quad p' = K\rho',$$

K étant un coefficient constant.

$u$, $v$, $w$, $p'$, $\rho'$ s'annulent avec $\psi$.

En négligeant les grandeurs de l'ordre du carré du potentiel perturbateur $\psi$, et remarquant que

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0 + \rho'} = \frac{1}{\rho_0} - \frac{\rho'}{\rho_0^2}, \quad \text{et que} \quad 0 = \frac{dV}{dx} - \frac{1}{\rho_0}\frac{dp_0}{dx},$$
$$0 = \frac{dV}{dy} - \frac{1}{\rho_0}\frac{dp_0}{dy},$$
$$0 = \frac{dV}{dz} - \frac{1}{\rho_0}\frac{dp_0}{dz},$$

les équations du mouvement s'écriront

$$(28) \quad . \quad . \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{du}{dt} &= \frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx} + \frac{K\rho'}{\rho_0^2}\frac{d\rho_0}{dz} - \frac{K}{\rho_0}\frac{d\rho'}{dx} - \frac{\lambda}{\rho_0}u, \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dy} + \frac{K\rho'}{\rho_0^2}\frac{d\rho_0}{dy} - \frac{K}{\rho_0}\frac{d\rho'}{dy} - \frac{\lambda}{\rho_0}v, \\ \frac{dw}{dt} &= \frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dz} + \frac{K\rho'}{\rho_0^2}\frac{d\rho_0}{dz} - \frac{K}{\rho_0}\frac{d\rho'}{dz} - \frac{\lambda}{\rho_0}w, \end{aligned} \right.$$

et l'équation de continuité,

$$(29)\quad \frac{d\rho'}{dt} + \rho_0\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right) + u\frac{d\rho_0}{dx} + v\frac{d\rho_0}{dy} + w\frac{d\rho_0}{dz} = 0.$$

On peut, pour l'intégration de ces équations, conduire l'approximation de diverses manières dont nous réserverons la discussion à un travail plus étendu.

Nous exposerons ici la solution suivante :

La dérivation respective par rapport à $xyz$ des équations (28) donne, en les ajoutant ensuite membre à membre,

$$(30)\quad \left\{\begin{aligned}
\frac{d.\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right)}{dt} = {} & \frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx}}{dx} + \frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dy}}{dy} + \frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\phi}{dz}}{dz} \\
& + \rho'\left(\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dx}}{dx} + \frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dy}}{dy} + \frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dz}}{dz}\right) \\
& + \frac{2K}{\rho_0^2}\left(\frac{d\rho_0}{dx}\frac{d\rho'}{dx} + \frac{d\rho_0}{dy}\frac{d\rho'}{dy} + \frac{d\rho_0}{dz}\frac{d\rho'}{dz}\right) \\
& - \frac{K}{\rho_0}\left(\frac{d^2\rho'}{dx^2} + \frac{d^2\rho'}{dy^2} + \frac{d^2\rho'}{dz^2}\right) \\
& - \frac{\lambda}{\rho_0}\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right) \\
& + \frac{\lambda}{\rho_0^2}\left(u\frac{d\rho_0}{dx} + v\frac{d\rho_0}{dy} + w\frac{d\rho_0}{dz}\right);
\end{aligned}\right.$$

ou, en vertu de (29), qui donne

$$(31).\quad \left\{\begin{aligned} &-\left(\frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz}\right)=\frac{1}{\rho_0}\frac{d\rho'}{dt}\\ &+\frac{1}{\rho_0}\left(u\frac{d\rho_0}{dx}+v\frac{d\rho_0}{dy}+w\frac{d\rho_0}{dz}\right),\\ &\frac{d\left(\frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz}\right)}{dt}=-\frac{1}{\rho_0}\frac{d^2\rho'}{dt^2}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{du}{dt}\frac{d\rho_0}{dx}\right.\\ &\qquad\qquad\left.+\frac{dv}{dt}\frac{d\rho_0}{dy}+\frac{dw}{dt}\frac{d\rho_0}{dz}\right),\end{aligned}\right.$$

et en posant

$$(32).\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx}}{dx}+\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dy}}{dy}+\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dz}}{dz}=\Omega_1,\\ &\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dx}}{dx}+\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dy}}{dy}+\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dz}}{dz}=U_1,\end{aligned}\right.$$

$$(33).\quad \left\{\begin{aligned} &-\frac{1}{\rho_0}\frac{d^2\rho'}{dt^2}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{du}{dt}\frac{d\rho_0}{dx}+\frac{dv}{dt}\frac{d\rho_0}{dy}+\frac{dw}{dt}\frac{d\rho_0}{dz}\right)\\ &\qquad=\Omega_1+\rho'U_1\\ &+\frac{2K}{\rho_0^2}\left(\frac{d\rho_0}{dx}\frac{d\rho'}{dx}+\frac{d\rho_0}{dy}\frac{d\rho'}{dy}+\frac{d\rho_0}{dz}\frac{d\rho'}{dz}\right)\\ &-\frac{K}{\rho_0}\left(\frac{d^2\rho'}{dx^2}+\frac{d^2\rho'}{dy^2}+\frac{d^2\rho'}{dz^2}\right)\\ &+\frac{\lambda}{\rho_0^2}\frac{d\rho'}{dt}+2\frac{\lambda}{\rho_0^2}\left(u\frac{d\rho_0}{dx}+v\frac{d\rho_0}{dy}+w\frac{d\rho_0}{dz}\right).\end{aligned}\right.$$

Mais, par les équations (28), on a

$$\frac{2\lambda}{\rho_0^2}\left(u\frac{d\rho_0}{dx}+v\frac{d\rho_0}{dy}+w\frac{d\rho_0}{dz}\right)=\frac{2}{\rho_0^2}\left(\frac{d\rho_0}{dx}\frac{d\psi}{dx}+\frac{d\rho_0}{dy}\frac{d\psi}{dy}+\frac{d\rho_0}{dz}\frac{d\psi}{dz}\right)$$

$$+\frac{2\rho'}{\rho_0^2}\left(\frac{d\rho_0}{dx}\frac{dV}{dx}+\frac{d\rho_0}{dy}\frac{dV}{dy}+\frac{d\rho_0}{dz}\frac{dV}{dz}\right)$$

$$-\frac{2K}{\rho_0^2}\left(\frac{d\rho}{dx}\frac{d\rho'}{dx}+\frac{d\rho}{dy}\frac{d\rho'}{dy}+\frac{d\rho}{dz}\frac{d\rho'}{dz}\right)$$

$$-\frac{2}{\rho_0}\left(\frac{du}{dt}\frac{d\rho_0}{dx}+\frac{dv}{dt}\frac{d\rho_0}{dy}+\frac{dw}{dt}\frac{d\rho_0}{dz}\right).$$

Il vient alors, en substituant dans (33) et remplaçant $\Omega_1$ et $U_1$ par les expressions (32), et en désignant par des crochets des sommes de quantités analogues :

$$(34).\quad \left\{\begin{aligned}&-\frac{1}{\rho_0}\frac{d^2\rho'}{dt^2}+\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{du}{dt}\frac{d\rho_0}{dx}+\frac{dv}{dt}\frac{d\rho_0}{dy}+\frac{dw}{dt}\frac{d\rho_0}{dz}\right)\\&=\frac{1}{\rho_0^2}\left[\frac{d\rho_0}{dx}\frac{d\psi}{dx}\right]+\frac{1}{\rho_0}\left[\frac{d^2\psi}{dx^2}\right]\\&+\frac{\rho'}{\rho_0^2}\left[\frac{d\rho_0}{dx}\frac{dV}{dx}\right]+\frac{\rho'}{\rho_0}\left[\frac{d^2V}{dx^2}\right]\\&-\frac{K}{\rho_0}\left[\frac{d^2\rho'}{dx^2}\right]+\frac{\lambda}{\rho_0^2}\frac{d\rho'}{dt}.\end{aligned}\right.$$

Dans l'état permanent, où

$$\frac{d\rho'}{dt}=0,\quad \frac{d^2\rho'}{dt^2}=0,$$

on a donc

$$(35).\quad \begin{cases} 0 = \dfrac{1}{\rho_0^2}\left[\dfrac{d\rho_0}{dx}\dfrac{d\psi}{dx}\right] + \dfrac{1}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2\psi}{dx^2}\right] \\ \quad + \rho'\left\{\dfrac{1}{\rho_0^2}\left[\dfrac{d\rho}{dx}\dfrac{dV}{dx}\right] + \dfrac{1}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2V}{dx^2}\right]\right\} - \dfrac{K}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2\rho'}{dx^2}\right]. \end{cases}$$

Si l'on suppose maintenant le fluide peu compressible, de manière que l'on puisse négliger les dérivées

$$\frac{d^2\rho'}{dx^2},\quad \frac{d^2\rho'}{dy^2},\quad \frac{d^2\rho'}{dz^2},$$

on aura, pour déterminer $\rho'$, l'expression :

$$(36)\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\quad \rho' = -\frac{\Omega}{U},$$

en posant

$$(37)\ .\ .\ .\ .\quad \begin{cases} \dfrac{1}{\rho_0^2}\left[\dfrac{d\rho_0}{dx}\dfrac{d\psi}{dx}\right] + \dfrac{1}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2\psi}{dx^2}\right] = \Omega, \\ \dfrac{1}{\rho_0^2}\left[\dfrac{d\rho_0}{dx}\dfrac{dV}{dx}\right] + \dfrac{1}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2V}{dx^2}\right] = U. \end{cases}$$

**6.** *Remarque.* — Si dans l'équation (35) on supposait l'incompressibilité du fluide assez grande pour que l'on puisse négliger les termes en

$$\frac{d\rho_0}{dx}\frac{d\rho'}{dx},\quad \frac{d^2\rho'}{dx^2},\quad u\frac{d\rho_0}{dx},$$

on aurait, dans l'état permanent,

$$(38) \quad \rho' = -\frac{\Omega_1}{U_1} = -\frac{\left[\dfrac{d.\dfrac{1}{\rho_0}\dfrac{d\psi}{dx}}{dx}\right]}{\left[\dfrac{d.\dfrac{1}{\rho_0}\dfrac{dV}{dx}}{dx}\right]},$$

où l'on a, en développant,

$$(39) \quad \begin{cases} \Omega_1 = -\dfrac{1}{\rho_0^2}\left[\dfrac{d\rho_0}{dx}\dfrac{d\psi}{dx}\right] + \dfrac{1}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2\psi}{dx^2}\right], \\ U_1 = -\dfrac{1}{\rho_0^2}\left[\dfrac{d\rho_0}{dx}\dfrac{dV}{dx}\right] + \dfrac{1}{\rho_0}\left[\dfrac{d^2V}{dx^2}\right]. \end{cases}$$

En rapprochant (39) de (37), on voit que, dans le cas de potentiels $\psi$, V en raison inverse de la simple distance, comme le potentiel newtonien, ce qui donne

$$\left[\frac{d^2\psi}{dx^2}\right] = 0, \quad \left[\frac{d^2V}{dx^2}\right] = 0,$$

d'où

$$\Omega = -\Omega_1 \quad \text{et} \quad U = -U_1,$$

on a, dans les deux approximations (36), (38),

$$\rho' = -\frac{\Omega_1}{U_1} = -\frac{\Omega}{U} = -\frac{\left[\dfrac{d.\dfrac{1}{\rho_0}\dfrac{d\psi}{dx}}{dx}\right]}{\left[\dfrac{d.\dfrac{1}{\rho_0}\dfrac{dV}{dx}}{dx}\right]}.$$

La signification physique de cette expression est remarquable :

Si l'on considère un volume $v$ du fluide, à la pression $p$, et que la masse contenue dans le volume reste constante, on a, $\mu$ étant un coefficient constant,

$$p = \frac{\mu}{v};$$

d'où

$$dv = -v\frac{dp}{p};$$

expression qui donne aussi la variation du volume pour une force extérieure $dp$ qui ferait équilibre à la variation de pression intérieure.

Or on a

$$\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx}\,dx\,dy\,dz = \frac{K}{p}\frac{d\psi}{dx}\,dx\,dy\,dz$$

$$\frac{\rho'}{\rho_0}\frac{dV}{dx}\,dx\,dy\,dz = \frac{K}{p}\rho'\frac{dV}{dx}\,dx\,dy\,dz.$$

Dès lors,

$$\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx}\,dx\,dy\,dz$$

exprime la variation du volume $dx\,dy\,dz$ due à une force $K\frac{d\psi}{dx}$, agissant sur une facette $dy\,dz$ où la pression est $p = K\rho_0$. La variation totale de volume due aux forces $K\frac{d\psi}{dx}$ (agissantes suivant les $x$) est donc

$$\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx}}{dx}\,dx\,dy\,dz.$$

On voit de même que la variation de volume due aux forces $K\rho'\frac{dV}{dx}$ est

$$\rho' \frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dx}}{dx}\, dx\, dy\, dz.$$

En considérant simultanément les actions suivant les trois axes, on voit donc que, si la variation totale du volume est égale à zéro, on aura

$$\rho'\left[\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{dV}{dx}}{dx}\right] + \left[\frac{d.\frac{1}{\rho_0}\frac{d\psi}{dx}}{dx}\right] = 0.$$

Le sens des approximations qui conduisent à exprimer l'excès de densité $\rho'$ sous la forme $\rho' = -\frac{\Omega_1}{U_1}$, consiste donc à admettre que la dispersion des excès $\rho'$ sous l'influence de V se fait, à travers le milieu, de manière à le déformer en chaque point sans changement de volume.

**7.** En transportant dans les équations (28) la valeur $\rho' = -\frac{\Omega}{U}$ (36) (37), on aura, dans l'état permanent,

$$(40)\quad \left\{\begin{aligned} u &= \frac{1}{\lambda}\frac{d\psi}{dx} - \frac{K\rho_0}{\lambda}\frac{d.\frac{\rho'}{\rho_0}}{dx} = \frac{1}{\lambda}\frac{d\psi}{dx} + \frac{K\rho_0}{\lambda}\frac{d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}}{dx},\\ v &= \frac{1}{\lambda}\frac{d\psi}{dy} + \frac{K\rho_0}{\lambda}\frac{d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}}{dy},\\ w &= \frac{1}{\lambda}\frac{d\psi}{dz} + \frac{K\rho_0}{\lambda}\frac{d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}}{dz},\end{aligned}\right.$$

expressions qui feront connaître en chaque point du milieu le mouvement du fluide.

**8.** Appliquons ces formules au cas de deux potentiels V et $\psi$ en raison inverse de la simple distance, c'est-à-dire au cas de forces en raison inverse du carré de la distance.

On aura d'abord pour la densité $\rho_0$, déterminée par les équations

$$(41). \quad \left\{ \begin{aligned} 0 &= \rho_0 \frac{dV}{dx} - \frac{dp}{dx}, \\ 0 &= \rho_0 \frac{dV}{dy} - \frac{dp}{dy}, \\ 0 &= \rho_0 \frac{dV}{dz} - \frac{dp}{dz}, \end{aligned} \right.$$

$$(42). \quad \rho = Ce^{\frac{V}{k}},$$

C étant une constante.

Prenons pour axes des $xyz$ des axes rectangulaires ayant pour origine le point $m$, foyer du potentiel

$$V = \frac{m}{r},$$

$r$ étant la distance d'un point $xyz$ à cette origine.

Soient semblablement $x'y'z'$ des axes parallèles aux $xyz$, menés par le point $m'$, foyer du potentiel

$$\psi = \frac{m'}{r'},$$

$r'$ étant la distance d'un point $xyz$ ou $x'y'z'$ à cette nouvelle origine $m'$.

On aura ici

$$\left[\frac{d^2V}{dx^2}\right] = 0, \quad \left[\frac{d^2\psi}{dx^2}\right] = 0$$

et, par conséquent, par (37) et (41),

$$(43) \quad . \quad . \quad . \quad \begin{cases} \Omega = \frac{1}{\rho_0^2}\left[\frac{d\psi}{dx}\frac{d\rho_0}{dx}\right] = \frac{1}{K\rho_0}\left[\frac{d\psi}{dx}\frac{dV}{dx}\right] \\ U = \frac{1}{\rho_0^2}\left[\frac{dV}{dx}\frac{d\rho_0}{dx}\right] = \frac{1}{K\rho_0}\left[\left(\frac{dV}{dx}\right)^2\right]. \end{cases}$$

Mais

$$\frac{dV}{dx} = -\frac{mx}{r^3}, \quad \frac{dV}{dy} = -\frac{my}{r^3}, \quad \frac{dV}{dz} = -\frac{mz}{r^3},$$

$$\frac{d\psi}{dx} = -\frac{m'x'}{r'^3}, \quad \frac{d\psi}{dy} = -\frac{m'y'}{r'^3}, \quad \frac{d\psi}{dz} = -\frac{m'z'}{r'^3};$$

d'où, en substituant,

$$(44). \quad . \quad . \quad . \quad \begin{cases} \Omega = \frac{mm'}{K\rho_0}\frac{xx' + yy' + zz'}{r^3r'^3}, \\ U = \frac{m^2}{K\rho_0}\frac{1}{r^6}; \end{cases}$$

et, par conséquent, dans les équations (40),

$$(45). \quad . \quad . \quad . \quad \frac{\Omega}{\rho_0 U} = \frac{1}{\rho_0}\frac{m'}{m}\frac{r^2}{r'^2}\frac{xx' + yy' + zz'}{rr'};$$

ou, en désignant par $\varphi$ l'angle au point $(xyz)$ entre les deux rayons vecteurs $r$, $r'$,

$$(45'). \quad . \quad . \quad \frac{\Omega}{\rho_0 U} = \frac{1}{\rho_0}\frac{m'}{m}\frac{r^2}{r'^2}\cos\varphi = \frac{1}{\rho_0}\frac{r}{r'}\frac{\psi}{V}\cos\varphi.$$

On déduit de là

$$d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}=\frac{\Omega}{\rho_0 U}\left(\frac{d.\frac{1}{\rho_0}}{\frac{1}{\rho_0}}+\frac{d.\frac{r}{r'}}{\frac{r}{r'}}+\frac{d.\frac{\psi}{V}}{\frac{\psi}{V}}+\frac{d.\cos\varphi}{\cos\varphi}\right).$$

On a, en dérivant d'abord par rapport à $x$,

$$\frac{d.\frac{1}{\rho_0}}{dx}=\frac{1}{KC}e^{-\frac{V}{K}}\left(-\frac{dV}{dx}\cdot\frac{x}{r}\right)=+\frac{1}{K\rho_0}\frac{mx}{r^3},$$

$$\frac{d\frac{r}{r'}}{dx}=\frac{r'\frac{x}{r}-r\frac{x'}{r'}}{r'^2},\quad \frac{d\frac{\psi}{V}}{dx}=\frac{m'}{m}\frac{d\frac{r}{r'}}{dx},$$

$$\frac{d.\cos\varphi}{dx}=\frac{d.\frac{xx'+yy'+zz'}{rr'}}{dx}=\frac{(x'+x)-\cos\varphi\left(r\frac{x'}{r'}+r'\frac{x}{r}\right)}{rr'};$$

et, en substituant,

$$(46)\quad \left\{\begin{aligned}
&K\rho_0\frac{d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}}{dx}=\frac{m'}{r'^2}\frac{x}{r}\cos\varphi+K\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left[\frac{x'+x}{r'}+\cos\varphi\left(\frac{x}{r}-\frac{3x'r}{r'^2}\right)\right].\\
&\text{On aurait semblablement}\\
&K\rho_0\frac{d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}}{dy}=\frac{m'}{r'^2}\frac{y}{r}\cos\varphi+K\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left[\frac{y'+y}{r'}+\cos\varphi\left(\frac{y}{r}-\frac{3y'r}{r'^2}\right)\right],\\
&K\rho_0\frac{d.\frac{\Omega}{\rho_0 U}}{dz}=\frac{m'}{r'^2}\frac{z}{r}\cos\varphi+K\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left[\frac{z'+z}{r'}+\cos\varphi\left(\frac{z}{r}-\frac{3z'r}{r'^2}\right)\right].
\end{aligned}\right.$$

En introduisant ces expressions, ainsi que celles des dérivées

$$\frac{d\phi}{dx}, \quad \frac{d\psi}{dy}, \quad \frac{d\psi}{dz},$$

dans les expressions de $u$, $v$, $w$, on trouve enfin

$$(47)\begin{cases} u = \frac{1}{\lambda}\frac{m'}{r'^2}\left(\cos\varphi\frac{x}{r} - \frac{x'}{r'}\right) + \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left[\frac{x+x'}{r'} + \cos\varphi\left(\frac{x}{r} - 3\frac{x'r}{r'^2}\right)\right], \\ v = \frac{1}{\lambda}\frac{m'}{r'^2}\left(\cos\varphi\frac{y}{r} - \frac{y'}{r'}\right) + \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left[\frac{y+y'}{r'} + \cos\varphi\left(\frac{y}{r} - 3\frac{y'r}{r'^2}\right)\right], \\ w = \frac{1}{\lambda}\frac{m'}{r'^2}\left(\cos\varphi\frac{z}{r} - \frac{z'}{r'}\right) + \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left[\frac{z+z'}{r'} + \cos\varphi\left(\frac{z}{r} - 3\frac{z'r}{r'^2}\right)\right]. \end{cases}$$

La trajectoire d'un point du fluide aura pour équations

$$\frac{dy}{dx} = \frac{v}{u}, \quad \frac{dz}{dx} = \frac{w}{u}.$$

**9.** En faisant passer l'axe des $x$ par les points $mm'$, et en désignant par $\delta$ la distance $mm'$ ou la coordonnée $x$ de $m'$, on a

$$x' = x - \delta, \qquad y' = y, \qquad z' = z.$$

La ligne $mm'$ étant d'ailleurs axe de symétrie du mouvement du fluide, ce mouvement est défini par la distribution des vitesses dans une section passant par $mm'$, soit dans le plan des $x$, $y$.

On a, dans cette section, $z = z' = 0$, d'où $w = 0$.

Soient $\alpha$, $\alpha'$ les angles des rayons vecteurs $r$, $r'$ d'un point $(xyz)$ et de l'axe des $x$, $mm'$. On aura

$$\varphi = \alpha' - \alpha, \quad \frac{x}{r} = \cos\alpha, \quad \frac{x'}{r'} = \cos\alpha', \quad \frac{y}{r} = \sin\alpha,$$
$$\frac{y'}{r'} = \sin\alpha';$$

d'où

$$\cos\varphi\,\frac{x}{r} - \frac{x'}{r'} = \cos(\alpha' - \alpha)\cos\alpha - \cos\alpha' = \sin\alpha\sin(\alpha' - \alpha),$$

$$\cos\varphi\,\frac{y}{r} - \frac{y'}{r'} = \cos(\alpha' - \alpha)\sin\alpha - \sin\alpha' = \cos\alpha\,\sin(\alpha - \alpha');$$

et il vient.

$$(48). \quad . \quad . \quad \left\{ \begin{aligned} u &= \frac{1}{\lambda}\frac{m'}{r^2}\sin\alpha\sin(\alpha' - \alpha) + \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r^2} \times \\ &\quad \left[\cos\alpha' + \frac{r}{r'}\cos\alpha + \cos(\alpha' - \alpha) \times \right. \\ &\quad \left. \left(\cos\alpha - 3\cos\alpha'\frac{r}{r'}\right)\right] \\ v &= \frac{1}{\lambda}\frac{m'}{r'^2}\cos\alpha\sin(\alpha - \alpha') + \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2} \times \\ &\quad \left[2\sin\alpha' + \cos(\alpha' - \alpha) \times \right. \\ &\quad \left. \left(\sin\alpha - 3\sin\alpha'\frac{r}{r'}\right)\right]. \end{aligned} \right.$$

Dans ces expressions, on a d'ailleurs, en fonction de $\delta\alpha\alpha'$,

$$r = \delta\frac{\sin\alpha'}{\sin(\alpha' - \alpha)}, \quad r' = \delta\frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha' - \alpha)}, \quad \frac{r}{r'} = \frac{\sin\alpha'}{\sin\alpha}.$$

**10.** En posant

$$\sin\alpha \sin(\alpha' - \alpha) = \zeta_1(\alpha\alpha');$$

$$\frac{\sin\alpha'}{\sin(\alpha' - \alpha)}\left[\cos\alpha' + \frac{r}{r'}\cos\alpha + \cos(\alpha' - \alpha)\left(\cos\alpha - 3\cos\alpha'\frac{r}{r'}\right)\right]$$

$$= \zeta_2(\alpha\alpha');$$

$$\cos\alpha \sin(\alpha - \alpha') = \eta_1(\alpha\alpha');$$

$$\frac{\sin\alpha'}{\sin(\alpha' - \alpha)}\left[2\sin\alpha' + \cos(\alpha' - \alpha)\left(\sin\alpha - 3\sin\alpha'\frac{r}{r'}\right)\right]$$

$$= \eta_2(\alpha\alpha');$$

et désignant par $\beta$ le coefficient constant

$$\beta = \frac{K\delta}{m} = \frac{K}{\left(\frac{m}{\delta}\right)} = \frac{p}{\rho\left(\frac{m}{\delta}\right)},$$

on aura pour équation de la trajectoire d'un point du fluide, en fonction des coordonnées $\delta$, $\alpha$, $\alpha'$,

$$(49) \quad \ldots \quad \frac{dy}{dx} = \frac{\zeta_1(\alpha\alpha') + \beta\zeta_2(\alpha\alpha')}{\eta_1(\alpha\alpha') + \beta\eta_2(\alpha\alpha')},$$

et le calcul des tangentes $\frac{dy}{dx}$ aux trajectoires en chaque point permettra de dessiner la circulation continue du fluide.

Voici le résultat de ce calcul, pour une valeur $\beta = \frac{1}{3}$ du coefficient $\beta$, et pour différentes valeurs des angles $\alpha$, $\alpha'$. $\mu$ étant l'angle de direction du mouvement, on a

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{dy}{dx}.$$

| VALEURS DE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | $\alpha'$ | $\zeta_1(\alpha\alpha')$ | $\zeta_2\ \alpha\alpha')$ | $\eta_1(\alpha\alpha')$ | $\eta_2'\alpha\alpha')$ | $\mu$ |
| $\frac{\pi}{8}$ | $\frac{\pi}{4}$ | 0,1464 | — 0,6560 | — 0.3536 | — 3,428 | — 89°10′ |
| | $\frac{3\pi}{8}$ | 0,2706 | 1,708 | — 0,6533 | — 0,6441 | — 51°57′ |
| | $\frac{\pi}{2}$ | 0,3536 | 2,996 | — 0,8536 | — 0,9233 | — 47°27′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{8}$ | 0,3827 | 1,707 | — 0,9239 | 1,707 | — 38°49′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | 0,3536 | — 0,6536 | — 0,8536 | 2,119 | — 62°35′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ | 0,2706 | — 1,414 | — 0,6533 | 0,7073 | $\pi$ + 88°38′ |
| $\frac{\pi}{4}$ | $\frac{3\pi}{8}$ | 0,2706 | 1,387 | — 0,2706 | — 2,040 | — 51° 5′ |
| | $\frac{\pi}{2}$ | 0,5000 | 2,121 | — 0,5000 | — 0,7071 | — 34°46′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{8}$ | 0,6533 | 1,3858 | — 0,6533 | 0,732 | — 28°35′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | 0,7071 | 0 000 | — 0,7071 | 0 9999 | — 35°39′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ | 0,6533 | — 0,5741 | — 0,6533 | 0,3076 | — 47°42′ |

| VALEURS DE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | $\alpha'$ | $\zeta_1(\alpha\alpha')$ | $\zeta_2(\alpha\alpha')$ | $\eta_1(\alpha\alpha')$ | $\eta_2(\alpha\alpha')$ | $\mu$ |
| $\frac{3\pi}{8}$ | $\frac{\pi}{2}$ | 0,3536 | 2,006 | — 0,1464 | 0,3789 | — 5°21′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{8}$ | 0,6533 | 1,415 | — 0,2706 | 0,7066 | — 7°52′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | 0,8536 | 0,2706 | — 0,3536 | 0,8771 | — 11° 6′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ | 0,9239 | — 0.2929 | — 0,3827 | 0,2929 | — 20°32′ |
| $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{8}$ | 0,3827 | 4,787 | 0,0000 | 0,9797 | + 8°19′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | 0,7071 | 0,3539 | 0,0000 | 1.0606 | + 15°15′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ | 0,9239 | 0,0232 | 0,0000 | 0,4059 | + 5° 0′ |
| $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{8}$ | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | 0,3536 | 0,2716 | — 0.1464 | 1,419 | + 46°31′ |
| | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ | 0,6533 | — 0,2929 | — 0,2706 | 0,5856 | + 33° 6′ |
| $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ | 0,2706 | — 0,5749 | 0,2706 | 0,8447 | + 33°10′ |

Pour

$$\alpha = 0, \quad \alpha' = 0,$$

on a

$$v = 0, \quad u = \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left(1 + \frac{r}{r'} + 1 - 3\frac{r}{r'}\right) = -\frac{2K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r\delta}{r'^3};$$

pour

$$\alpha = 0, \quad \alpha' = \pi,$$

on a

$$v = 0, \quad u = \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left(-1 + \frac{r}{r'} - 1 - 3\frac{r}{r'}\right) = -\frac{2K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r\delta}{r'^3};$$

pour

$$\alpha = \pi, \quad \alpha' = \pi,$$

on a

$$v = 0, \quad u = \frac{K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{r}{r'^2}\left(-1 - \frac{r}{r'} - 1 + 3\frac{r}{r'}\right) = -\frac{2K}{\lambda}\frac{m'}{m}\frac{\delta}{r'^3}.$$

C'est au moyen des valeurs de $\alpha$, $\alpha'$, $\mu$ du tableau précédent qu'on a tracé la figure 2.

Les flèches indiquent les tangentes aux trajectoires des filets fluides; elles dessinent un tourbillon continu, symétrique, dans chaque section méridienne, par rapport à l'axe $mm'$. Les deux centres $m$, $m'$ sont ici attractifs, $m$ exerçant une force proportionnelle à la densité du fluide et $m'$ une force indépendante de cette densité. Dans toute l'étendue de l'axe, le mouvement du fluide a lieu dans le sens négatif $m'm$.

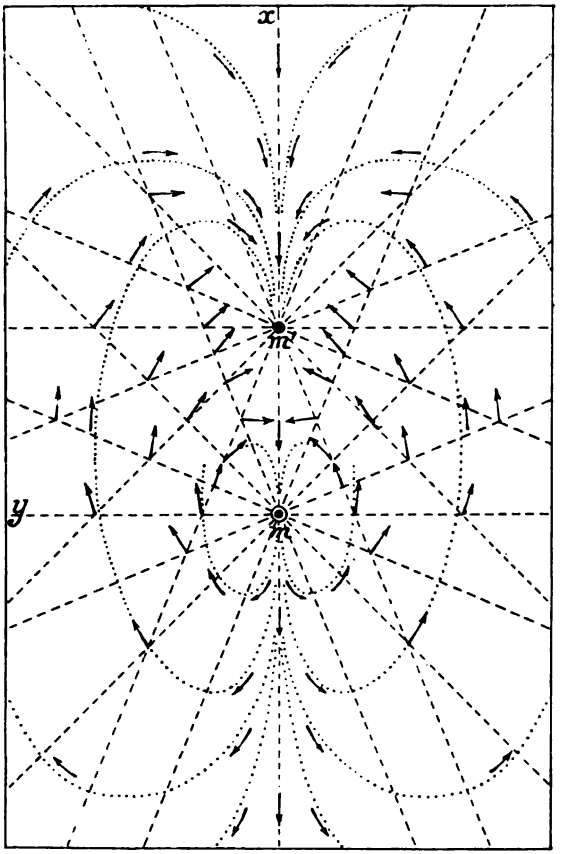



**Fig. 2.** — Mouvement de circulation continue d'un fluide sous l'action de deux forces à centres fixes $m$, $m'$.
$m$ est un centre de potentiel newtonien; $m'$, un centre de potentiel de surface.

**11.** Le principe de l'établissement de mouvements de circulation indéfectibles par des forces à centres fixes, est susceptible d'application au monde physique, et nous allons présenter à cet égard quelques inductions.

Mais avant tout, et pour prévenir une objection, il n'est peut-être pas superflu de remarquer qu'une confusion de deux idées pourrait seule faire considérer ce principe comme en opposition avec le principe de la conservation de l'énergie; il ne faut pas en effet confondre l'idée de la *conservation de l'énergie* avec celle de la grandeur finie de la *quantité d'énergie* disponible. Dans le fait que nous étudions, comme dans toute la mécanique, la force vive acquise par le fluide, la chaleur produite par la destruction de cette force vive, sont l'équivalent du travail dépensé par les forces; c'est en cela, proprement et seulement, que consiste la conservation de l'énergie, cette notion étant tout aussi bien conciliable avec l'existence d'une énergie potentielle infinie qu'avec celle d'une énergie potentielle finie.

Un exemple connu peut d'ailleurs servir à faire saisir la possibilité de la réalisation physique d'un semblable cas. C'est celui du mouvement continu de circulation que provoque dans un fluide pesant un excès de température maintenu en un point. Dans ce cas, comme dans celui de notre potentiel perturbateur $\psi$, les équations de l'hydrodynamique démontrent que l'équilibre est généralement impossible; si l'on ramène la question aux termes de notre problème, on voit qu'ici la température, à la manière d'une force répulsive indépendante de la densité, modifie la densité du fluide; et c'est la pesanteur, force proportionnelle à la densité, qui y produit et y entretient indéfiniment le mouvement. En supprimant le frottement,

la force vive du système, sous l'action de ces deux influences constantes, irait en croissant indéfiniment; ainsi donc, la seule distribution géométrique des centres d'action donne lieu ici à un potentiel infini, ou, si l'on veut autrement et plus exactement s'exprimer, à une chute de potentiel constamment disponible.

On observera bien qu'il n'y a nul lieu d'objecter à cet égard que, pour maintenir constant l'excès de température, il faut fournir constamment de la chaleur. C'est là une circonstance qui tient à la nature propre de la chaleur, mais qui n'intervient nullement dans le principe même du mouvement; celui-ci procède de l'impossibilité de l'équilibre hydrostatique pour une *valeur actuelle* de l'excès thermique, et ce n'est pas la dépense de chaleur, mais bien le travail de la pesanteur sur le milieu déformé, qui produit la force vive toujours croissante du système. Les équations de l'hydrodynamique le montrent très bien : que le terme perturbateur soit l'effet de la chaleur ou d'une force de répulsion à centre fixe, le résultat est le même; il y a force vive croissante, simplement parce qu'il y a impossibilité à l'équilibre (*).

**12.** Voici maintenant nos inductions sur l'application possible de ce principe à des faits physiques d'un autre ordre.

On reconnaît, à côté de forces qui, telles que l'attraction newtonienne, agissent sur la matière proportionnellement à la masse, d'autres forces non fonction de la masse et qu'on peut appeler forces de surface. Telle est

---

(*) Notre analyse, comme nous le ferons voir dans une prochaine communication, s'applique au cas d'une circulation de l'atmosphère par l'action thermique du soleil.

la force électrique motrice, qui ne dépend que de la surface des conducteurs et qui est indépendante de leur quantité de matière. Or, il suffit d'introduire dans les équations de l'hydrodynamique le potentiel connu, dépendant du carré de la force électrique, proposé depuis longtemps comme celui de la force motrice qui sollicite un élément de volume, pour se trouver précisément dans le cas théorique qui fait l'objet de notre travail (*).

Ne peut-on en inférer que tout système doué à la fois d'un potentiel agissant proportionnellement aux masses (tel le potentiel newtonien) et d'un potentiel électrique, doit généralement provoquer une circulation continue dans le milieu ambiant? Une première application se trouverait, au seuil de l'astronomie, dans l'action des noyaux de la

---

(*) La force motrice est alors indépendante de la densité. Plus généralement, si l'on fait intervenir les réactions électriques réciproques des éléments matériels dans l'élément de volume, la force motrice qui sollicite celui-ci dépend de la densité par une loi plus complexe que la simple proportionnalité.

La légitimité des inductions présentées dans le texte paraît amplement justifiée par l'incertitude qui règne encore sur les rôles respectifs, dans l'équilibre intérieur d'un diélectrique, de l'élasticité mécanique et de la pression interne *antagoniste de* ou *équivalente à* l'action de la force électrique. Il suffit pour s'en rendre compte de se poser un simple problème comme celui d'un diélectrique (un fluide compressible) soumis à l'action d'un champ électrique et de la pesanteur, et de chercher à en poser les équations en s'éclairant des sources les plus autorisées (voy. par exemple Mascart, t. I, § 104; Poincaré, *Élect. et opt.*, I, §§ 34 et suiv.; 77 et suiv.). On estimera la question encore largement ouverte, théoriquement et expérimentalement.

Ce serait ici le lieu de rappeler les essais faits autrefois par F. Van Rysselberghe sur les variations de pression d'un gaz soumis, dans un récipient fermé, à l'action d'un conducteur électrisé. De nouvelles expériences concernant ces variations et les mouvements du fluide sont actuellement en voie d'exécution.

matière nébulaire. Cette même idée, appliquée au soleil, conduirait à le concevoir mathématiquement comme le foyer d'une circulation continue d'un fluide tel que l'éther ambiant; une telle circulation, ordonnée par rapport à l'axe et à l'équateur du soleil, constituerait une source constante de restitution d'énergie.

Si l'on considère ensuite le système de deux points d'action, tels que le soleil et un noyau cométaire, ce système devra déterminer dans ce même milieu des courants matériels continus, ordonnés par rapport à la ligne des centres des deux points; le cas traité plus haut (fig. 2) peut en fournir un exemple par analogie. La force vive des courants étant fonction de la distance des centres, on concevrait, dans cette hypothèse, la formation et la direction des queues cométaires; elles ne seraient autre chose que les courants d'une circulation continue, rendus visibles, dans la région de plus grande force vive, par les vibrations du milieu qui en est le siège.

L'application du principe aux planètes [nous en avons présenté déjà ailleurs le calcul (*)] conduirait à la conséquence qu'elles sont elles-mêmes le siège d'une circulation continue, en relation directe avec les périodes de leur mouvement autour du soleil. Il est digne de remarque que l'agent de l'établissement et de l'entretien de ces circulations, qui feraient ainsi de chaque globe un système organisé possédant une source de chaleur interne, est le potentiel newtonien de ces globes; de telle manière que, dans cette nouvelle branche de problèmes, comme dans toute la mécanique céleste, l'attraction universelle est et reste le facteur fondamental,

(*) *Étude sur le système des forces physiques*, §§ 248 et suivants.

les actions électriques et électro-magnétiques n'intervenant que comme éléments troublants, pour assurer l'impossibilité d'un équilibre statique.

**13.** L'application du principe d'impossibilité de l'équilibre ne présente pas moins d'importance peut-être si l'on passe à la considération de la constitution de la matière. Il s'imposerait de lui-même, partout où l'on constaterait des mouvements indéfectibles, des systèmes à énergie dynamique propre.

Sans nous engager plus qu'il ne convient dans un domaine qui n'est pas le nôtre (§ 14), il nous appartient de faire observer qu'en vertu de ce principe, on peut concevoir mathématiquement des éléments, *cellules ou foyers dynamiques*, qui, tout en restant identiques à eux-mêmes, sont chacun un centre de production indéfinie d'énergie.

Sous leur forme élémentaire, de semblables foyers se concevront de la manière suivante : V et $\psi$ étant deux potentiels de forces agissant suivant des fonctions différentes de la densité, si les points desquels émanent V et $\psi$ sont placés de manière que les forces aient partout la même direction, c'est-à-dire que les surfaces de niveau coïncident, l'équilibre du fluide ambiant sera possible. Mais si, à partir de cette position d'équilibre, on fait subir à $\psi$ un déplacement infiniment petit $\delta$, l'équilibre deviendra impossible et le système $(V\psi\delta)$ sera un foyer dynamique.

L'élément $(V\psi\delta)$ présente dans sa constitution une analogie avec les éléments magnétiques élémentaires $(mm'\delta)$, formés de deux pôles $m$ et $m' = -m$, à distance infiniment petite $\delta$; et de même que l'on considère, en chaque point d'un milieu magnétique, l'*intensité* et sa *direction*, de même on pourra définir en chaque point le

milieu dynamique par l'*intensité* du foyer et par sa *direction*.

Pour préciser les conditions d'existence et la loi d'action d'un semblable foyer élémentaire, il nous suffira de considérer ici le cas, déjà traité plus haut, des deux potentiels

$$V = \frac{m}{r}, \quad \psi = \frac{m'}{r'},$$

en raison inverse de la simple distance.

En reprenant les expressions (47) des vitesses $u$, $v$, $w$, on vérifie tout d'abord que, pour la coïncidence des centres $mm'$, l'équilibre statique existe. Il n'y a pas de mouvement du fluide. On a, en effet, alors

$$x' = x, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad r' = r, \quad \varphi = 0;$$

conditions qui donnent

$$u = 0, \quad v = 0, \quad w = 0.$$

Supposons maintenant que $m'$ subisse par rapport à $m$ un déplacement $\delta$ ayant pour cosinus directeurs $a$, $b$, $c$ ($a^2 + b^2 + c^2 = 1$). On aura

$$\begin{aligned} x' &= x - a\delta, \\ y' &= y - b\delta, \\ z' &= z - c\delta; \end{aligned}$$

et, si l'on désigne par $\omega$ l'angle entre $r$ et $\delta$,

$$\begin{aligned} r'^2 &= r^2 + \delta^2 - 2r\delta\cos\omega, \\ \delta^2 &= r^2 + r'^2 - 2rr'\cos\varphi, \\ \cos\varphi &= \frac{r^2 + r'^2 - \delta^2}{2rr'} = \frac{r - \delta\cos\omega}{r'}. \end{aligned}$$

En ne tenant compte que de la première puissance de $\delta$,

on aura aussi, $n$ désignant un nombre entier,

$$r'^{-n} = r^{-n}\left(1 + \frac{\delta^2}{r^2} - 2\frac{\delta}{r}\cos\omega\right)^{-\frac{n}{2}} = r^{-n}\left(1 + n\frac{\delta}{r}\cos\omega\right);$$

d'où

$$\cos\varphi = 1.$$

En transportant ces expressions dans $u$, $v$, $w$, on trouve alors, en fonction de la première puissance de $\delta$, et en désignant par $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ les cosinus directeurs de $r$ :

$$(50)\quad \left\{\begin{aligned} u &= \frac{\delta m'}{\lambda r^3}(a - \cos\alpha\cos\omega) + \frac{2\delta m'K}{\lambda m r^2}(a - 2\cos\alpha\cos\omega),\\ v &= \frac{\delta m'}{\lambda r^3}(b - \cos\beta\cos\omega) + \frac{2\delta m'K}{\lambda m r^2}(b - 2\cos\beta\cos\omega),\\ w &= \frac{\delta m'}{\lambda r^3}(c - \cos\gamma\cos\omega) + \frac{2\delta m'K}{\lambda m r^2}(c - 2\cos\gamma\cos\omega).\end{aligned}\right.$$

L'*intensité* du foyer dynamique se mesure par $i = \frac{\delta m'}{m}$, et elle a pour *direction* $(abc)$.

En prenant pour axe des $x$ la ligne $mm'$, on aura

$$a = 1,\quad b = 0,\quad c = 0,\quad \omega = \alpha,$$

et, par conséquent,

$$(51)\quad \left\{\begin{aligned} u &= \frac{im}{\lambda r^3}\sin^2\alpha + \frac{2iK}{\lambda r^2}(1 - 2\cos^2\alpha) = \frac{im}{2\lambda r^3}\left[1 - \left(1 + \frac{4Kr}{m}\right)\cos 2\alpha\right],\\ v &= -\left(\frac{\delta m'}{\lambda r^3} + \frac{4\delta m'K}{\lambda m r^2}\right)\cos\beta\cos\alpha = -\frac{im}{\lambda r^3}\left(1 + \frac{4Kr}{m}\right)\cos\beta\cos\alpha,\\ w &= -\frac{im}{\lambda r^3}\left(1 + \frac{4Kr}{m}\right)\cos\gamma\cos\alpha.\end{aligned}\right.$$

Le mouvement du fluide dans une section méridienne passant par $mm'$, soit dans le plan des $x$, $y$, où l'on a

$\cos\gamma = 0$ et $w = 0$, et $\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$, est défini par les expressions

$$(52). \quad . \quad . \quad \begin{cases} u = \dfrac{im}{2\lambda r^3} - \dfrac{im}{2\lambda r^3}\left(1 + \dfrac{4Kr}{m}\right)\cos 2\alpha, \\ v = -\dfrac{im}{2\lambda r^3}\left(1 + \dfrac{4Kr}{m}\right)\sin 2\alpha. \end{cases}$$

La tangente à la trajectoire d'un point du fluide est donnée par

$$(53) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{dy}{dx} = \frac{-\left(1 + \dfrac{4Kr}{m}\right)\sin 2\alpha}{1 - \left(1 + \dfrac{4Kr}{m}\right)\cos 2\alpha}.$$

Dans la *direction de l'intensité*, ou sur l'axe du foyer dynamique, on a

$$a = 0, \quad \alpha = \pi, \quad v = 0$$

et

$$u = -\frac{2iK}{\lambda r^2}.$$

Ainsi, dans toute l'étendue de l'axe, il y a mouvement du fluide dans une direction déterminée. Sa vitesse sur cette ligne est en raison inverse du carré de la distance au foyer.

En supposant $m$ et $m'$ positifs, c'est-à-dire les deux forces attractives, on aura $i$ et $\frac{4K}{m}$ positifs. Pour une valeur

$$\frac{4K}{m} = \frac{1}{10},$$

et pour

$$r = 1, \quad r = 5, \quad r = 10,$$

on trouve, en posant

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{dy}{dx},$$

les valeurs suivantes de l'angle $\mu$ :

| VALEURS de $\alpha$ | $\frac{\pi}{8}$ | $\frac{\pi}{4}$ | $\frac{3\pi}{8}$ | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{8}$ | $\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}$ | $\frac{\pi}{2}+\frac{3\pi}{8}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r = 1$ | $\mu = -74° 3'$ | $-47°44'$ | $-23°37'$ | $0°0'$ | $+23°37'$ | $+47°44'$ | $+74° 3'$ |
| $r = 5$ | $\mu = \pi + 86°44'$ | $-56°19'$ | $-27°14'$ | $0°0'$ | $+27°14'$ | $+56°19'$ | $\pi - 86°44'$ |
| $r = 10$ | $\mu = \pi + 74°41'$ | $-63°26'$ | $-30°22'$ | $0°0'$ | $+30°22'$ | $+63°26'$ | $\pi - 74°41'$ |

La figure 3 a été tracée au moyen de ces valeurs; elle met bien en évidence l'existence d'une circulation continue, ayant pour axe de symétrie l'axe d'intensité du foyer dynamique F. On constatera, comme objet essentiel, que l'élément dynamique possède une polarité, constituée par le courant, de sens déterminé, qui règne sur toute l'étendue de la ligne AA′ formant axe d'intensité.

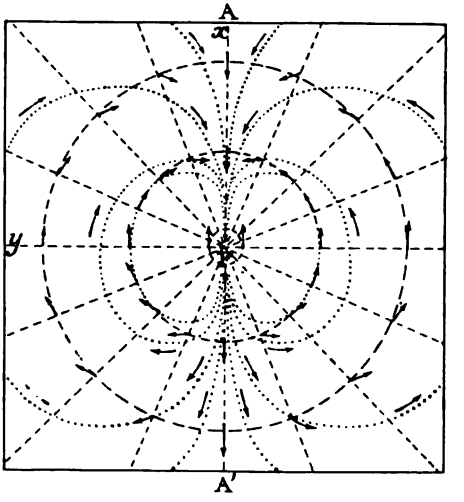



FIG. 3. — Mouvement de circulation autour d'un foyer élémentaire F, à axe AA′.

**14.** Il est intéressant de chercher à apprécier les phénomènes que présenterait un milieu formé de semblables éléments dynamiques. Chaque point est ici un foyer d'énergie toujours croissante. Si l'on considère, à raison d'une non-homogénéité initiale dans la masse totale, un agrégat plus dense formant noyau, noyau dans lequel

d'ailleurs, en vertu de leur polarité, les centres tendront à s'orienter, le courant centripète résultant, dû à ce noyau, introduira dans la circulation qu'il provoque et entretient, des éléments extérieurs, et cela en dépensant de l'énergie. A raison de l'hétérogénéité, il se formera ainsi dans la sphère d'activité du premier noyau, un noyau secondaire; puis l'énergie toujours croissante de ce nouveau noyau le constituera lui-même en individualité dynamique distincte du noyau initial, et, à son tour, il deviendra, par son courant centripète, une cause de formation de nouveaux noyaux. Cette formation successive, au moyen d'éléments dynamiques indéfectibles, se fera aux dépens de la matière du milieu ambiant; elle aura une tendance à l'ordre géométrique d'un tissu par *filets* ou *fibres*, due à la tendance au parallélisme de tous les courants axiaux des cellules.

Enfin, ce qui est particulièrement digne d'attention, elle manifestera une activité variable, fonction des conditions extérieures du milieu, — notamment de la température, qui fait varier la distance des centres d'émanation des deux potentiels, distance pour une valeur nulle de laquelle l'activité des foyers dynamiques se réduit elle-même à zéro.

Ces conséquences de l'existence de forces purement mathématiques présentent, au moins extérieurement, une analogie frappante avec des phénomènes fondamentaux du monde organique. C'est à la compétence des physiologistes qu'il appartient de décider s'il y a en ceci plus qu'une simple analogie.

**15.** Ce rapide aperçu permet de pressentir les applications possibles, soit à la constitution des globes comme

systèmes organisés, soit à la mécanique intérieure des corps, du principe de la production indéfinie d'énergie par des forces à centre fixe. L'objet fondamental de cette note était, avant toute application, de signaler l'existence de ce principe et de le définir mathématiquement; cette définition mathématique s'identifie avec la constatation de l'impossibilité de l'équilibre, donnée dès l'abord, sous forme de théorème, au § 3.

—

*Réponse à M. E. Villari sur l'objection faite à ma conclusion relative à la décharge produite par les gaz infra-électrisés;* par P. De Heen, membre de l'Académie.

Dans une note précédente, nous avons montré que *l'air infra-électrisé perd sa propriété de décharger un corps électrisé lorsque, avant d'atteindre celui-ci, il rencontre un conducteur chargé d'une électricité quelconque* (1).

M. E. Villari pense au contraire actuellement que cet effet n'a lieu que si ce dernier conducteur porte la même électricité que l'électroscope (2).

Un pareil fait peut s'expliquer par un transport d'électricité du conducteur à l'électroscope. M. E. Villari avait eu, à notre insu, la même pensée, mais il l'a abandonnée par la suite.

Nous allons faire voir que cette dernière manière de voir correspond cependant bien à la réalité.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXV, p. 784, 1898.
(2) *Reale Accademia dei Lincei*, vol. VII, novembre 1898.

Afin de démontrer la proposition que nous venons de formuler plus haut, nous nous sommes servi d'une cage en plomb C (fig. 1), renfermant un électroscope à feuilles

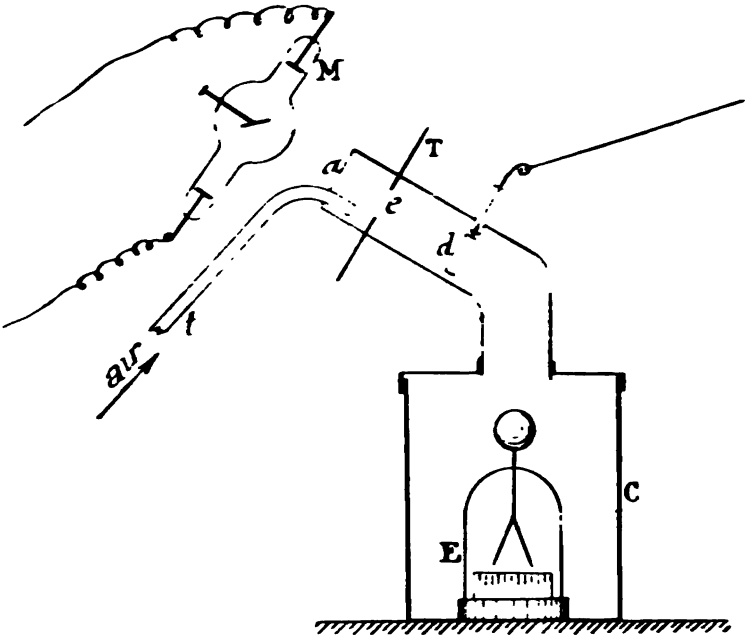



Fig. 1 — $^1/_8$ de la grandeur d'exécution.

d'or E. Le couvercle de la cage est muni d'un tube T de même métal, fermé à son extrémité *a* par une paroi en carton. Le tube *t* permet d'amener un courant d'air; en *d* se trouve un disque en cuivre que l'on peut mettre en communication avec une source d'électricité; en M est placé le tube de Crookes.

Les choses sont disposées de telle manière que *les*

*lignes de force du disque* d *ne puissent venir rencontrer la sphère de l'électroscope, et réciproquement.*

Les rayons qui traversent le carton *a* infra-électrisant l'air du tube T, l'électroscope se décharge si l'on dirige un courant d'air par le tube *t*; mais cette action est notablement atténuée si le disque *d* porte une électricité *de nom quelconque.*

M. E. Villari a objecté à notre expérience que, le disque *d* électrisant par influence le tube T, les choses se passaient en réalité comme si nous avions utilisé simultanément deux conducteurs chargés d'électricités contraires, condition dans laquelle la décharge ne se produit plus.

Afin d'éviter cette objection, nous avons remplacé le disque *d* par une toile métallique à larges mailles *t* (fig. 2),

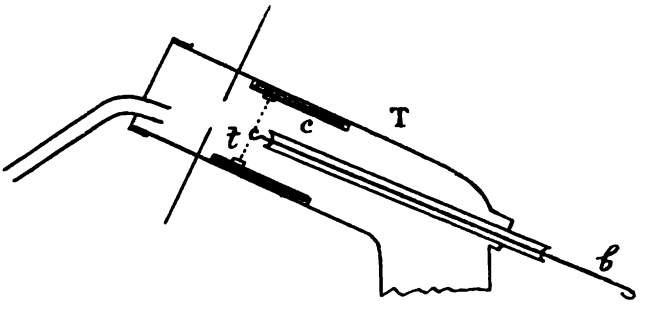



Fig. 2.

laquelle est montée dans un tube en carton *c*, *mauvais conducteur* de l'électricité. Un conducteur *b*, monté dans un tube en verre, amène l'électricité d'une machine électrostatique de Wimshurst au centre de la toile. Dans ces conditions, l'électricité amenée en *t* s'écoule lentement à mesure qu'on la produit, sur les parois intérieures du tube T, et l'on n'a plus à craindre l'influence qui serait exercée par une électricité de nom contraire.

Les résultats obtenus par ce procédé ont été encore plus accentués que par notre première méthode.

Des décharges de plusieurs divisions de l'électroscope, qui se produisaient en 30 secondes environ, ont été *complètement* enrayées lorsque la toile métallique était électrisée *d'un signe quelconque*.

Le même résultat s'obtient si, au lieu d'infra-électriser l'air à l'aide des rayons X, on l'infra-électrise à l'aide d'étincelles électriques en *e* (fig. 1).

En faisant usage de deux toiles métalliques disposées dans le tube et électrisées de noms contraires, on observe, comme M. Villari, l'absence de décharge.

La première condition consiste donc à faire en sorte que les lignes de force du corps électrisé ne viennent pas rencontrer la sphère de l'électroscope.

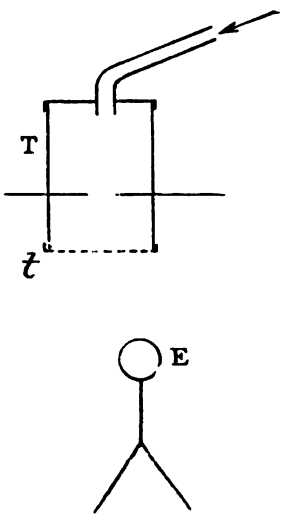


Fig. 3.

Si l'on ne prend pas cette précaution, l'électricité du corps électrisé se communique à l'électroscope avec une prodigieuse facilité.

Afin de le montrer, il suffit de faire usage d'un tube droit (fig. 3), la toile métallique étant en *t*.

Dans ces conditions, nous avons non seulement obtenu le résultat de M. Villari, mais nous avons réussi à communiquer des charges à l'électroscope alors que la toile métallique en était distante de 70 centimètres !

*Les phénomènes observés jusqu'à présent ne semblent pas devoir faire rapporter cet ordre de manifestations à un phénomène électrique quelconque.*

On pourrait admettre comme hypothèse *provisoire* que l'infra-électricité ne représente autre chose que de l'éther plus ou moins condensé, lequel se répandrait à la surface des corps et des molécules, alors que l'électricité statique représenterait ce même éther à l'état pulsant.

M. S. Thompson croit possible d'expliquer tous les phénomènes de l'électricité statique en admettant que l'électricité positive ne serait autre chose que de l'éther plus condensé que l'éther du vide, répandu à la surface des corps, l'électricité négative, de l'éther à un état de condensation moins avancé.

Si une pareille hypothèse explique à la rigueur le phénomène de la décharge lorsque l'on rapproche deux corps électrisés de noms contraires, elle devient tout à fait insuffisante lorsqu'il s'agit d'expliquer les attractions ou les répulsions mutuelles.

Cela reviendrait à dire que deux bulles d'air renfermées dans un milieu élastique, tel qu'un liquide, et soumises à des pressions égales ou différentes, s'attirent ou se repoussent. Mais tout s'éclaircit immédiatement si l'on attribue à ces bulles ou à cet éther des pulsations, ainsi que l'ont montré les magnifiques expériences de Bjirkness.

En un mot, l'hypothèse de M. S. Thompson nous paraît vraie, mais incomplète; il suffit, pour la compléter, d'attribuer à ses éthers condensés ou raréfiés des mouvements pulsants.

Ce que nous avons désigné sous le nom d'infra-électricité paraît au contraire correspondre à la conception de M. Thompson.

Il nous reste à dire un mot sur le phénomène de la décharge lorsqu'un corps électrisé se trouve dans le voisinage d'un foyer d'ébranlement de l'éther, par exemple un fil de platine chauffé au rouge, ou bien encore la flamme d'un bec de Bunsen.

L'explication reçue consiste à dire : *cela est dû à l'action des gaz;* par là, tout paraît éclairci. En pénétrant un peu plus avant dans la question, on remarque que des physiciens admettent une *ionisation* de ces gaz, et si l'on demande une vérification de cette action étonnante, on ajoute que cette vérification est impossible, qu'on ne pourra jamais la constater, attendu qu'il suffit d'une proportion infinitésimale de molécules ionisées.

L'hypothèse de M. Villari est évidemment moins fantaisiste; elle est même fort tentante à première vue. Elle permettrait de rendre compte, à l'aide des notions que nous possédons déjà, du phénomène de la décharge dans les conditions établies au commencement de ce travail.

Malheureusement, le fait que nous avons indiqué ne concorde pas avec cette interprétation, et il nous paraît impossible, jusqu'à preuve du contraire, d'échapper à l'hypothèse de molécules se trouvant dans l'état particulier que nous avons désigné sous le nom d'*infra-électrisé*.

Quoi qu'il en soit, *nous pouvons dire qu'il s'agit ici d'une action des gaz*.

Mais que se passe-t-il si un conducteur électrisé est, par exemple, soumis à la radiation Röntgen?

Deux phénomènes interviennent. Une action de la radiation sur le conducteur et ensuite une action sur ce même conducteur des gaz soumis à la radiation.

Cette influence des gaz ambiants est du reste si grande que, d'après les expériences de MM. Benoist et

Harmuzescu (1), toute décharge cesserait de se produire dans le vide sous l'action de ces rayons.

Donc ici l'action du gaz existe, mais ce n'est pas la seule.

Nous pouvons affirmer qu'il en est de même lorsqu'il s'agit d'un foyer d'ébranlement quelconque de l'éther, par exemple d'un fil de platine chauffé au rouge. Car si l'action des gaz intervient seule, dans tous les cas nous devrons observer les mêmes phénomènes, soit que l'on vienne à diriger de l'air infra-électrisé sur le conducteur par le procédé indiqué plus haut, soit que l'on décharge ce conducteur par la simple approche du foyer d'ébranlement.

Or, l'expérience prouve qu'il existe une différence essentielle.

En effet, lorsqu'il s'agit de l'action des gaz considérée isolément, ceux-ci perdent la propriété de décharger un corps électrisé lorsqu'ils passent d'abord par une toile métallique électrisée d'un signe quelconque; au contraire, dans le deuxième cas, si l'on place entre la source de radiation et le conducteur une toile métallique, la décharge ne se produit plus, mais elle réapparaît si la toile est chargée du même signe que l'électroscope. C'est, soit dit en passant, l'inverse de ce que M. Villari observe dans le cas précédent.

Cette différence montre que dans le deuxième cas il ne s'agit pas d'une action des gaz *seule* et qu'il faut par conséquent admettre qu'il émane de ces sources un système spécial de radiations, lequel développe, ainsi que la radiation Röntgen, les manifestations infra-électriques.

---

(1) *Journal de physique*. 1896, p. 358.

*Sur la diffusion de la lumière par les solutions;* par W. Spring, membre de l'Académie.

J'ai montré, dans un travail précédent (1), qu'il était possible d'enlever à l'eau distillée toutes les poussières dont elle se charge au contact de l'air ou des vases par lesquels elle passe. Il suffit pour cela de déterminer dans son sein la coagulation d'une solution colloïdale d'un hydrate doué de la propriété de se précipiter en une masse *amorphe, gélatineuse*, et non à l'état *grenu*. Les hydrates de fer, d'alumine, de zinc et de cadmium ont fourni des résultats satisfaisants lorsque, bien entendu, on prenait soin d'éviter d'une façon complète le contact de l'air ambiant. Les particules solides, invisibles, qui étaient suspendues dans l'eau, se trouvaient alors *enrobées* ou *collées* par le précipité et se déposaient avec lui. Un repos absolu durant quelques jours achevait la clarification.

L'eau préparée de cette façon ne produit plus la *diffusion* de la lumière ou sa *réflexion latérale*, comme fait l'eau purifiée par simple distillation; elle se comporte donc à l'égal d'un espace vide dans lequel la trace de la lumière n'est pas non plus visible. On peut la carac-

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 3, p. 174, 1899.

tériser en disant, pour nous servir d'une expression due à Tyndall, qu'elle est *optiquement vide*.

J'ai fait remarquer, dans le même travail, l'importance physique que ce résultat peut avoir. Il prouve que le milieu élastique dans lequel se propage la lumière, *l'éther*, ne subit pas de condensation inégale autour des molécules de l'eau, comme l'avait cru L. Lallemand; son homogénéité reste parfaite dans tout le volume du corps transparent. S'il en était autrement, celui-ci serait le siège de réflexions et de réfractions internes dont l'effet serait la *diffusion* de la lumière : l'eau nous semblerait alors lumineuse et non sombre sur le passage de la lumière.

Cette remarque sur l'homogénéité de l'éther dans un milieu matériel réclamait, comme je l'ai déjà dit, un complément de recherches.

Il y avait lieu de s'assurer si dans les liquides formés de molécules d'espèces différentes, l'homogénéité de l'éther ne subirait pas une certaine altération se manifestant dans des conditions spéciales d'éclairage. Dans l'affirmative, l'éther devrait être regardé comme se condensant inégalement autour des molécules d'espèces différentes.

Un milieu formé de deux ou de plusieurs substances chimiques différentes n'est rien autre chose qu'une *solution*. J'ai donc étendu mes observations à des liquides de cet ordre et je me permets de résumer, dans les lignes suivantes, la suite annoncée à mon article précédent.

*
* *

On a déjà fait usage de la lumière pour l'étude de la constitution de quelques solutions. A.-J.-A. Pranger (1) s'en est servi pour l'examen de la solution d'argent colloïdal, et peu après, Harold Picton et Ernest Linder (2) l'ont employée, de leur côté, dans l'examen des *colloïdes*, principalement des *solutions de sulfures de métaux*. Ils ont constaté qu'un faisceau lumineux intense, concentré par une lentille, devenait visible dans une solution de ce genre. Ils en concluent que les solutions colloïdales sont à assimiler à des *milieux troubles*, la trace du faisceau devenant visible parce que, comme dans l'expérience bien connue de Tyndall sur les condensations nuageuses, la lumière se réfléchirait sur les particules distinctes suspendues dans l'eau. Picton et Linder n'ont toutefois pas examiné spécialement les solutions pures, véritables, c'est-à-dire celles que l'on doit regarder comme dépourvues de particules en suspension ; le moyen de préparer un liquide optiquement vide n'était d'ailleurs pas connu à l'époque où ils ont opéré. Néanmoins, les auteurs ont conclu que la *diffusion* de la lumière pouvait se produire aussi dans les solutions proprement dites lorsque les molécules du corps dissous occupaient un volume assez grand, parce que certaines solutions non colloïdales leur

---

(1) *Recueil des Pays-Bas*, t. IX, p. 123, 1890.
(2) *Chem. Soc.*, t. XLI, pp. 137 et 148, 1892.

avaient rendu visible la trace du faisceau lumineux. Aussi admettent-ils qu'il n'y a pas de démarcation radicale entre les colloïdes et les solutions parfaites. Entre les cas limites bien caractérisés viendraient s'échelonner des cas intermédiaires et former une suite continue de modifications de transition.

Le travail des savants anglais apporte une contribution précieuse à la solution du problème qui nous occupe; il demande néanmoins à être étendu, car il est resté dans le cercle spécial de solutions colloïdales dont il se proposait de pénétrer la structure. Il y a lieu aussi de vérifier si véritablement la *diffusion* a sa cause dans la grandeur des molécules des corps dissous plutôt que dans un défaut de combinaison avec le dissolvant. On verra, pour ce dernier point, dans les lignes suivantes que telle substance qui produit la diffusion de la lumière dans un liquide donné, ne la produit pas dans un autre. Il semble donc que la réflexion latérale de la lumière dépende moins de la grandeur moléculaire de la substance dissoute que de la perfection de la solution.

Il est entendu toutefois que l'on n'a pas en vue, pour le moment, les phénomènes de *fluorescence* que nombre de corps, surtout les corps carbonés, peuvent présenter. Ceux-ci semblent avoir véritablement leur cause dans la composition ou la structure de la molécule chimique, et non dans le fait de la dissolution, puisque beaucoup de substances, liquides ou solides, sont fluorescentes par elles-mêmes.

Il est d'ailleurs très aisé de distinguer la diffusion et la fluorescence. La diffusion, ou réflexion interne de la lumière incidente sur des particules en suspension, est provoquée par un défaut d'homogénéité du liquide; elle

a lieu avec tous les rayons lumineux, quelle que soit leur longueur d'onde; il suffit uniquement que l'intensité de la lumière soit assez forte. La fluorescence, au contraire, cesse sitôt qu'on a éliminé de la source lumineuse les rayons à *ondes courtes*, par interposition d'un écran absorbant ou autrement. C'est que la fluorescence est le résultat de la conversion d'ondes lumineuses courtes en plus longues au sein de la matière fluorescente : il est donc évident qu'une lumière dépourvue d'ondes courtes ne pourra occasionner une conversion de l'espèce.

*
* *

Les matières qui ont été soumises à l'examen sont de trois catégories : 1° des sels de métaux alcalins et alcalino-terreux; 2° des sels de métaux terreux et de métaux lourds; 3° des colloïdes proprement dits.

Les solutions, préparées comme il sera dit plus loin, étaient contenues dans un petit ballon sphérique en verre et recevaient la lumière de l'arc électrique (110 volts et 12 ampères) d'une lampe de Duboscq; un système de lentilles concentrait la lumière en un cône dont le sommet se trouvait au centre du ballon. Dans le cas de l'irradiation, toute la trace du cône lumineux devenait visible dans le liquide.

*Solutions de sels de métaux alcalins et alcalino-terreux.*

La préparation de solutions optiquement vides des chlorures, bromures, chlorates et nitrates de sodium, potassium, ammonium, calcium et baryum, ne présente

aucune difficulté, mais elle demande un certain temps. Il suffit d'ajouter à la solution des sels dans l'eau distillée quelques gouttes d'une solution colloïdale d'*hydroxyde ferrique*, ou mieux encore d'*hydroxyde de cadmium* ou *de zinc*, et de boucher définitivement le ballon (1). La solution colloïdale se coagule aussitôt au contact du sel; on agite vivement et on laisse déposer. On répète l'agitation un certain nombre de fois, puis on abandonne au repos absolu. L'hydrate gélatineux formé entraîne complètement toutes les matières suspendues primitivement dans les solutions.

Le titre des solutions a varié dans des limites très larges; il a été fait usage, pour chaque espèce de sel, de solutions concentrées et de solutions étendues.

Aucune de ces solutions n'a produit la diffusion de la lumière électrique : la lumière traversait les ballons sans produire de trace visible. On avait donc affaire à des liquides *optiquement vides*.

*Solutions de sels de métaux terreux et de métaux lourds.*

La clarification des solutions des sels d'aluminium, de chrome, de fer, de manganèse, de zinc, de cobalt, de nickel, de cadmium, de cuivre, de mercure, de plomb par le procédé précédent n'est plus possible par suite de la réaction chimique des hydrates avec ces sels et de la

---

(1) Voir mon travail précédent *Sur la réalisation d'un liquide optiquement vide* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 3, p. 174, 1899).

formation de composés basiques. J'ai dû me borner à comparer la diffusion des solutions filtrées avec celle d'un même volume d'eau distillée ayant subi exactement le même traitement. Il n'y avait aucun inconvénient à opérer de la sorte, car un certain nombre de ces solutions donnaient un résultat très différent de l'eau distillée, comme on va le voir.

Le résultat général peut se résumer en disant que les chlorures, chlorates, sulfates ou nitrates de zinc, cadmium, manganèse, cobalt, nickel, quel que soit leur état de dilution, donnent des solutions qui ne diffèrent pas de l'eau distillée sous le rapport de la diffusion. Il est très probable, sinon certain, que *par elles-mêmes* elles sont optiquement vides. Il en est autrement des sels d'aluminium, de chrome, de fer, de cuivre, de mercure, de plomb, surtout des chlorures des premiers de ces métaux. Leur solution *neutre* fait apparaître vivement le *cône* de la lumière électrique pour un degré donné de dilution; elle se comporte, par conséquent, comme un liquide trouble, bien que, dans les conditions normales d'éclairage, elle paraisse parfaitement limpide. Dans le cas du chlorate de plomb, la dilution seule finit déjà, à la vérité, par troubler le liquide d'une manière évidente, mais le cône lumineux se marque bien avant ce moment. Il est à présumer que chez ces sels l'*hydrolyse* produite par l'eau est assez avancée pour rompre l'homogénéité de la solution : on se trouverait en présence d'un liquide contenant une solution colloïdale d'un hydroxyde à côté du sel normal et de l'acide libre.

Cette supposition se vérifie d'une manière complète par l'expérience. Si l'on fait rétrograder l'hydrolyse en

ajoutant à ces solutions une proportion convenable d'acide chlorhydrique, la diffusion diminue jusqu'à disparaître complètement. D'un autre côté, si l'on dissout dans les chlorures de fer, d'aluminium ou de chrome un peu d'hydrates de même nom, le cône lumineux se marque d'une manière extraordinaire. Le phénomène est particulièrement instructif avec la solution de chlorure de chrome. Quand ce sel a dissous de l'hydrate de chrome, il est de couleur violacée sous faible épaisseur, tandis que sur une épaisseur plus grande, il est, comme on sait, rouge par transparence; dans la lumière électrique, il montre un cône intense, de couleur *verdâtre*, ce qui tend bien à prouver que la lumière se réfléchit sur une substance spéciale.

Le sulfate de cuivre permet de faire une observation analogue; elle est toutefois plus délicate. La solution concentrée de sulfate de cuivre montre un faible cône lumineux. A la suite de la dilution, le cône s'accuse davantage, et quand la dilution est devenue telle que la solution ne paraît presque plus bleue, le cône se marque cependant et tranche par sa couleur bleu clair, semblable à l'hydrate de cuivre, sur le liquide moins coloré.

En vue d'étendre ces observations, j'ai traité alors les solutions des chlorures des autres métaux cités (hormis le plomb) par leurs hydrates correspondants, bien que ces chlorures ne passent pas pour donner des composés basiques solubles, et j'ai examiné les liquides à la lumière. Le résultat est resté incertain, probablement nul, pour les chlorures de cuivre, de nickel, de cobalt, mais les chlorures de zinc, de cadmium, de mercure ont montré alors un cône lumineux intense. L'addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique faisait disparaître le cône.

Il est donc démontré que des solutions limpides dans les conditions ordinaires d'éclairage apparaissent *troubles* dans un éclairage linéaire intense, par suite de la modification physique et chimique de la solution. Ce fait peut servir à découvrir des solutions imparfaites là où on ne les soupçonnait pas. Ainsi, on sait que le chlorure ferrique donne avec l'eau additionnée d'un peu d'acide chlorhydrique une solution parfaite, de couleur *jaune clair*. Si on ajoute de l'eau, la solution brunit malgré la dilution, car elle devient colloïdale, comme on vient de le dire; mais si, au lieu d'eau, on ajoute de l'acide chlorhydrique, la solution brunit également, et alors elle irradie aussi la lumière. La solution du chlorure ferrique dans l'acide chlorhydrique pur n'est donc pas parfaite (1); elle se comporte comme une solution colloïdale.

### *Solutions colloïdales proprement dites.*

On l'a rappelé plus haut, Picton et Linder ont déjà examiné un certain nombre de solutions colloïdales dans un *éclairage linéaire* puissant, savoir : les sulfures d'arsenic et d'antimoine, les hydrates d'alumine, de chrome, de fer, les acides silicique et molybdique, les solutions de cellulose, d'amidon, de rouge Congo, d'hémoglobine et de rouge Magdala. Ils ont observé que chacune de ces matières donnait un cône lumineux prononcé pendant l'*éclairage linéaire*.

---

(1) Ceci est à rapprocher du fait de l'insolubilité de $AlCl_3$ dans l'acide chlorhydrique saturé à froid.

J'ai examiné, de mon côté, des solutions étendues, bien limpides, de substances dont le caractère *colloïdal* ne fait pas de doute, savoir : des solutions aqueuses de gélatine, de gomme arabique, de dextrine; des solutions de diverses résines ou laques dans l'alcool (colophane, baume de Canada, mastic, gomme laque); des solutions de savon, de soude, reposées depuis plus de deux ans, et des solutions étendues de silicates alcalins (1); en outre, des solutions de bleu de Williamson, de bleu de Prusse, de bleu de phényle (bleu BBS). Toutes ces solutions ont donné un cône de lumière intense, généralement blanc. Le bleu de Williamson donne cependant un cône *bleuâtre*, quand sa solution est concentrée, et qui devient d'un *très beau violet* à la suite de la dilution. On n'a toutefois pas affaire à un phénomène de fluorescence, car le cône persiste quand la lumière traverse un milieu jaune, de manière à perdre ses ondes les plus réfrangibles; seulement la couleur du cône devient alors *verdâtre*.

Les observations de Picton et de Lindner se confirment donc. Cependant, il s'agit de s'assurer, autant que possible, si la diffusion de la lumière a pour cause l'*imperfection* des solutions ou si elle est plutôt une conséquence de la *grandeur* des molécules des corps solubles. Or il existe des substances qui se comportent comme des colloïdes vis-à-vis d'un dissolvant donné et comme des corps solubles vis-à-vis d'un autre; il est donc inté-

---

(1) Les savons sont dissociés par l'eau en base et en solution (colloïdale) d'acides gras; voir *Zeitschrift für phys. Chimie*, t. XXVII, p. 552, 1899. Quant aux silicates alcalins, on sait depuis longtemps, par les travaux de Kohlrausch, qu'ils sont complètement dissociés sitôt que la proportion de l'eau dépasse environ 150 fois celle du silicate.

ressant de vérifier si la diffusion de la lumière se modifie avec la nature du dissolvant. Dans l'affirmative, on peut être porté à regarder l'*état colloïdal* comme la cause principale de la diffusion; la conclusion serait certaine s'il était prouvé que la grandeur des molécules est véritablement la même dans les deux dissolvants. C'est pour prévenir autant que possible une objection de ce côté qu'il a été fait usage d'abord des substances suivantes :

La *fuchsine* est soluble dans l'eau et dans l'alcool, bien qu'à des degrés inégaux. On peut faire deux solutions ayant la même intensité de couleur, quoique la solution alcoolique soit toujours de nuance un peu plus pourpre. La différence est cependant si faible qu'il ne paraît guère possible d'en attribuer la cause à une inégalité dans la grandeur des molécules de fuchsine dans les deux liquides. Eh bien, la solution aqueuse provoque une diffusion intense de la lumière, tandis que la solution alcoolique ne produit pas un cône lumineux plus fort que l'alcool lui-même.

La *vésuvine* (*brun de phényle*) se dissout aussi dans l'eau et dans l'alcool; les deux solutions ont la même nuance quand elles sont également diluées.

Ici encore la solution aqueuse provoque une diffusion prononcée, tandis que l'autre se comporte, dans la lumière, comme l'alcool lui-même.

L'effet est évident quand la dilution est poussée assez loin; des solutions plus concentrées sont trop opaques pour permettre de saisir avec facilité une différence. L'état colloïdal de la solution *aqueuse* de vésuvine est démontré d'ailleurs par ce fait que la matière est précipitée de sa solution, comme tous les colloïdes, par addition d'un sel.

Le tanin est soluble dans l'eau et dans l'acide acétique. D'après Paterno (1), la solution aqueuse serait colloïdale, car son point de congélation n'est pas abaissé dans la mesure voulue par la loi de Raoult pour une solution véritable.

La solution acétique, au contraire, présente un abaissement normal du point de congélation tel qu'on peut le calculer en partant de la formule $C_{14}H_{12}O_{10}$. Les propriétés colloïdes des corps ne se révèlent donc pas dans tous leurs dissolvants. L'examen des solutions dans la lumière linéaire conduit à la même conclusion.

La solution de tanin dans l'eau, déjà faiblement trouble, quoi qu'on fasse, à la lumière du jour, provoque la formation d'un cône lumineux intense dans la lumière électrique. La solution acétique, d'autre part, d'aspect déjà plus limpide par elle-même, donne néanmoins lieu à un cône lumineux, mais celui-ci bien moins opaque que le précédent.

On est très probablement en présence ici d'un double phénomène d'illumination. En effet, le cône lumineux, un peu bleuâtre, produit par la solution acétique, s'éteignait en grande partie à la suite de l'interposition d'un écran jaune; la solution était donc douée de *fluorescence*. Quoi qu'il en soit de cette complication, la transparence plus grande de la solution acétique ne m'a pas paru douteuse.

J'ai essayé enfin si le savon de soude, qui n'est qu'imparfaitement soluble dans l'eau (voir plus haut), ne

---

(1) *Zeitschrift für phys. Chemie*, IV, p. 457.

donnerait pas une solution sans diffusion avec un mélange d'alcool et d'éther? On sait, en effet, que les acides gras supérieurs, insolubles dans l'eau, se dissolvent bien dans l'alcool et l'éther. Le résultat de l'examen est aussi d'apparence indécise, parce que les solutions alcooliques éthérées de savon, bien limpides d'ailleurs, ont présenté une forte et belle fluorescence bleue dans la lumière électrique. A l'aide d'un écran jaune, on la supprimait entièrement et l'on ne voyait plus que le cône dû à la réflexion *particulaire* de la lumière, cône qui n'a pas paru plus marqué que celui donné par le dissolvant seul.

### *Conclusion.*

Il résulte des faits précédents que les solutions qui, à la lumière du jour, ne se distinguent pas les unes des autres sous le rapport de la limpidité, forment néanmoins deux classes qui se marquent nettement dans une *lumière linéaire* intense. La première classe comprend les *solutions optiquement vides* quand elles sont dans leur état normal, et la seconde, les solutions incomplètement transparentes.

Les premières représentent nécessairement un milieu transparent parfaitement homogène. Cette condition *physique* est sans doute subordonnée à une *homogénéité chimique moléculaire* également parfaite. S'il en est ainsi, on doit regarder ces solutions comme une *interabsorption* du corps soluble et du dissolvant, et non comme un mélange intime de substances ayant conservé, jusqu'à un certain point, leur caractère propre. L'éther lumineux

devra posséder, à la vérité, une densité plus grande dans les solutions parfaites que dans le vide, mais on ne peut admettre qu'il se condense inégalement dans le corps même de la solution, sinon tous les points de la solution ne seraient pas doués du même potentiel.

On remarquera que les solutions *optiquement vides* sont des électrolytes, sans que cependant la réciproque soit vraie : beaucoup d'électrolytes manquent de transparence parfaite. D'une manière générale aussi, les solutions *non électrolytes* ne sont pas optiquement vides.

On admet aujourd'hui que les *électrolytes* sont constitués d'une façon particulière : le dissolvant opérerait déjà la division de la molécule chimique en fragments (*ions*), portant chacun une charge d'électricité, et le courant électrique n'effectuerait que l'orientation et la *décharge* des ions, de manière à permettre à la matière de prendre l'état *neutre* sous lequel nous la connaissons.

Si l'on accepte cette hypothèse, on devra regarder la présence des *ions libres* dans le dissolvant comme ne déterminant pas une condensation inégale de l'éther au point d'altérer la transparence du liquide. En réalité, les forces électrostatiques elles-mêmes produiront une distribution homogène des ions dans le liquide, de sorte que l'ionisation exercera, tout au plus, une influence sur l'indice de réfraction de la lumière, mais non sur la transparence proprement dite.

Les solutions de la seconde classe se comportent le plus souvent d'une manière différente. On observera que si elles dérivent d'un sel formant un électrolyte par sa dissolution dans l'eau, celui-ci a toujours pour base un métal dont l'oxyde (ou l'hydrate) est insoluble dans l'eau, par

exemple le sulfate de cuivre, ou le sulfate d'aluminium. Ensuite, la diffusion de la lumière, ou le défaut de transparence, n'apparaît qu'après une dilution suffisante de la solution. Or, on sait que les sels des métaux lourds subissent de la part du dissolvant, avec plus ou moins de facilité, selon l'espèce, une *dissociation hydrolytique* qui a pour effet de mettre en liberté une partie de la base sous forme d'hydrate, l'eau se substituant par sa masse à l'action chimique de l'acide devenu nécessairement libre par la même circonstance. On peut donc dire ici que la dissociation hydrolytique, contrairement à la dissociation électrolytique, se révèle dans la lumière linéaire; l'hydrate du métal, bien que tenu encore en solution, a néanmoins repris suffisamment d'*individualité*. pour que l'homogénéité de la solution soit rompue et pour que la lumière incidente subisse une réflexion latérale *particulaire*.

Quand les solutions de la seconde classe sont vraiment *non électrolytes*, c'est-à-dire *colloïdales*, elles produisent la diffusion de la lumière, quel que soit l'état de la concentration. Elles ne sont donc jamais des milieux complètement homogènes. Les essais qui ont été faits pour connaître la *grandeur moléculaire* des colloïdes ont fait voir que ceux-ci sont toujours des *complexes* moléculaires plus ou moins grands qui ne sont pas en combinaison intime avec le dissolvant. Le faible abaissement du point de congélation d'une solution colloïdale, ou, fait du même ordre, la faible élévation du point d'ébullition, en fournissent une preuve suffisante. La lumière peut donc se réfléchir sur ces molécules, comme sur des particules en suspension, et produire un éclairage latéral du liquide. On conçoit, d'autre part, que des corps dont la

molécule est compliquée plutôt par le nombre des atomes intégrants que par l'association de molécules relativement simples par elles-mêmes, pourront se comporter comme des matières colloïdales vis-à-vis de la lumière. C'est sans doute à cette circonstance qu'il faut attribuer l'illumination de la plupart des corps organiques. Néanmoins, la cause de cette illumination résidant dans une complication atomique plutôt que moléculaire, il pourra se manifester des phénomènes particuliers, les phénomènes de fluorescence, qui s'observent, ainsi que je m'en suis assuré, avec nombre de substances organiques liquides, même en dehors de toute solution.

Liége, Institut de chimie générale. Mars 1899.

---

*Sur les phénomènes calorifiques présentés par une barre métallique brusquement refroidie ;* par E. Lagrange, professeur de physique à l'École militaire.

## I

Lorsque l'on soumet, à l'une de ses extrémités, une barre de fer ou d'acier à l'action d'une source calorifique, de manière à la porter au rouge ou au blanc, et qu'on la refroidit ensuite brusquement en la plongeant dans l'eau, c'est une opinion courante chez les ouvriers du fer qu'après plusieurs opérations semblables, il devient difficile de tenir à la main l'extrémité non chauffée et que, à chaque immersion dans le liquide froid, on constate à la main un réchauffement sensible de la barre. Ce fait a

attiré depuis assez longtemps l'attention et son interprétation a paru difficile.

Dans ces derniers temps (*), la revue anglaise *Nature* publiait une note de M. Bourget, de l'Observatoire de Toulouse, rappelant ce phénomène « bien connu » et le présentant comme « digne de recherches de la part des physiciens ». A la suite de la publication de cette note, M. John Stone a rappelé, dans le même journal scientifique, qu'il avait dès 1888 étudié la question. Il concluait — mais ses expériences paraissent discutables : voy. plus bas, note (**) — à la réalité du phénomène et en présentait comme tentative d'interprétation un *transport* de la chaleur à l'extrémité froide ; ce transport serait la conséquence d'une transformation moléculaire due au refroidissement brusque de la partie chauffée, et qui se transmettrait, avec une vitesse beaucoup plus grande que ne le fait le flux calorifique lui-même, dans le métal (**). Nous citerons encore pour mémoire une note de M. Bartlett (***) sur le même sujet, mais qui ne permet aucune discussion scientifique.

---

(*) *Nature,* 30 juin 1898.

(**) Nous citerons seulement les quelques lignes suivantes de la note de M. John Stone qui permettent d'élever des doutes sur l'exactitude de sa méthode de recherches : « The spot of light on the galvanometric scale moved off to the right very gradually as the cooler end of the bar became heated, but was brought back to a convenient point by means of a controlling magnet When the state of steady flow was reached, the Bunsen flame was removed, and water was immediately poured over the heated end of the bar. The spot of light on the galvanometric scale immediately moved off to the right. » *Nature,* 20 octobre 1898.

(***) *Nature,* 1er septembre 1898.

Nous avons repris la question à notre tour; d'après le résultat de nos expériences, nous croyons pouvoir affirmer qu'en réalité il n'y a en tout ceci aucun phénomène qui ne s'explique clairement par les lois de la conductibilité de la chaleur; il suffit, pour ne pas faire erreur, de bien établir la distinction entre l'état permanent et l'état variable des températures.

## II

Une barre de fer ABC (fig. 1) de 40 centimètres de longueur et d'une section de 1 centimètre carré, est disposée horizontalement et supportée par deux ou plusieurs

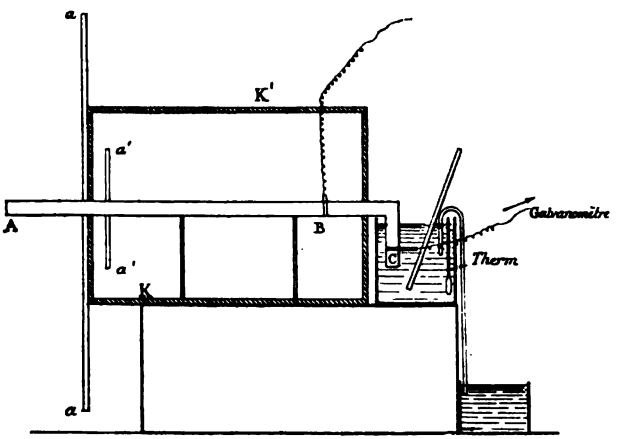



Fig. 1.

lames de verre verticales. Une caisse en bois KK' la recouvre presque en entier; la barre ne dépasse de

chaque côté la paroi que de quelques centimètres. La paroi antérieure est en outre recouverte d'une grande feuille de carton d'amiante *aa*, d'un centimètre d'épaisseur, qui la dépasse de toutes parts ; à l'intérieur même de la caisse, une seconde feuille d'amiante *a'a'* est traversée par la barre; l'autre extrémité de la barre, traversant la paroi postérieure, est recourbée vers le bas et vient plonger dans un vase rempli d'eau, sans cesse renouvelée, suivant le dispositif usité, par un réservoir supérieur et un siphon. Ce dispositif amène un état permanent des températures bien régulier dans la barre, lorsqu'elle est échauffée en A, et en outre une propagation régulière (c'est-à-dire dans des conditions extérieures constantes) du flux calorifique dans l'état variable.

Pour étudier la température d'un point situé vers l'extrémité de la barre, nous avons transformé celle-ci en circuit thermo-électrique. A cet effet, en C et en B, deux petites tiges de cuivre ont été rivées dans le métal, ces deux tiges étant mises en communication avec un galvanomètre Thompson à deux bobines, très sensible, situé à grande distance de l'appareil. Lorsqu'une différence de température s'établit entre les points C et B, le courant créé dans le circuit galvanométrique à haute résistance fait dévier sur l'échelle, placée à 1 mètre, le point lumineux mobile qu'une source lumineuse y envoie après réflexion sur le miroir que porte la suspension. L'étalonnage de ce galvanomètre, dans les conditions de l'expérience donnait *dix* divisions pour une différence de température de 1° centigrade entre les deux points C et B; on pouvait donc évaluer aisément $^1/_{40}$ de degré (chaque division valait 1 millimètre).

Si l'on échauffe progressivement, dans ces conditions, l'extrémité A à l'aide d'une source calorifique qui permette d'atteindre le rouge et le blanc (*), on observe le déplacement lent et progressif de l'index lumineux sur l'échelle. Les résultats de nombreux essais faits dans les mêmes conditions nous ont prouvé que la déviation suivait dans tous une marche identique; nous notions, à cet effet, à la seconde, les instants auxquels cet index atteignait des divisions déterminées, et nous avons constaté une constante identité entre les durées écoulées et les déviations atteintes.

Si on enlève, à un instant donné, la source de chaleur, avant que l'état permanent soit atteint, on observe que la déviation de l'index, conformément à ce que l'on devait attendre, continue à augmenter, passe par un maximum, puis diminue. Si le refroidissement est brusque (on l'obtient en faisant écouler sur l'extrémité A une quantité d'eau déterminée à la température du laboratoire), la déviation continue encore à augmenter, mais moins que dans le cas précédent, et le mouvement de retour de l'index semble brusquement déterminé.

Ces deux expériences comparatives de refroidissement de la barre laissée à elle-même et de refroidissement artificiel ont été faites constamment avec les mêmes conditions initiales, c'est-à-dire les temps d'échauffement en A étant les mêmes, et cette extrémité étant amenée au blanc. Les différences de température entre C et B étaient

---

(*) Nous avons employé comme source calorifique une lampe de soudeur à naphte à tirage forcé, qui n'était utilisée qu'après un quart d'heure d'allumage.

aussi alors, comme le prouvent les déviations galvanométriques, les mêmes dans les deux cas. La température de C est restée invariablement fixée à 14° centigrades pendant les expériences.

Les nombres suivants établissent la comparaison pour une expérience :

| | | Chronomètre. | Division de l'échelle. | Différences. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Refroidissement lent.* | | |
| 18 février. | I. | 4h 4m 20s | 250 | 55 | Index à 250. On introduit la source calorifique en A. |
| | II. | 4h 9m 15s | 195 | 50 | On enlève la source. |
| | III. | 4h 13m 0s | 145 | | Déviation maximum. |
| | | | *Refroidissement brusque.* | | |
| 18 février. | I. | 5h 22m 46s | 250 | 55 | Index à 250. On introduit la source en A. |
| | II. | 5h 27m 30s | 195 | 26 | On refroidit artificiellement. |
| | III. | 5h 29m 0s | 169 | | Déviation maximum. |

On voit par l'examen de ce tableau que le passage de l'état I à l'état II s'est bien produit dans les mêmes conditions. Il n'en est plus de même de celui entre l'état II et l'état III. Mais les lois de la conductibilité de la chaleur nous indiquent qu'il devait en être ainsi; le flux calorifique continue dans les deux cas sa marche vers l'extrémité de la barre, mais la source en A étant remplacée dans le second cas par une source plus froide, il est nécessaire que l'abaissement de température se manifeste aussi plus rapidement en C, dans le cas du refroidissement artificiel. Nous donnons d'ailleurs ci-après le résultat de quelques autres essais qui corroborent entièrement les indications de ceux-ci.

| | | Chronomètre. | Divisions de l'échelle. | Différences. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Refroidissement lent.* | | | |
| Vendredi 17 février. | I. | 4h 30m 0s | 250 | 55 | Index à 250. On introduit la source calorifique en A. |
| | II. | 4h 34m 54s | 195 | 49 | On enlève la source. |
| | III. | 4h 38m 37s | 146 | | Déviation maximum. |

| | | Chronomètre. | Divisions de l'échelle. | Différences. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Refroidissement rapide.* | | |
| Vendredi 17 février. | I. | 3h 0m 0s | 250 | 55 | Index à 250. On introduit la source en A. |
| | II. | 3h 4m 30s | 195 | 23 | On refroidit artificiellement. |
| | III. | 3h 6m 22s | 172 | | Déviation maximum. |
| | | | *Refroidissement rapide.* | | |
| Lundi 21 février. | I. | 4h 23m 0s | 250 | 58 | Index à 250. On introduit la source en A. |
| | II. | 4h 27m 41s | 192 | 25 | On refroidit artificiellement. |
| | III. | 4h 29m 40s | 167 | | Déviation maximum. |
| | | | *Refroidissement lent.* | | |
| Lundi 24 février. | I. | 5h 32m 0s | 250 | 58 | Index à 250. On introduit la source calorifique en A. |
| | II. | 5h 36m 42s | 192 | 46 | On enlève la source. |
| | III. | 5h 41m 24s | 146 | | Déviation maximum. |

| | | Chronomètre. | Divisions de l'échelle. | Différences. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Refroidissement rapide.* | | |
| Mardi 22 février. | I. | 3h 58m 0s | 250 | 55 | Index à 250. On introduit la source en A. |
| | II. | 4h 2m 50s | 195 | 24 | On refroidit artificiellement. |
| | III | 4h 4m 22s | 171 | | Déviation maximum. |
| | | | *Refroidissement lent.* | | |
| Mardi 22 février. | I. | 4h 43m 0s | 250 | 55 | Index à 250. On introduit la source calorifique en A. |
| | II. | 4h 47m 49s | 195 | 46 | On enlève la source. |
| | III. | 4h 50m 29s | 149 | | Déviation maximum. |

Si on maintient la source de chaleur en A pendant un temps beaucoup plus considérable, une vingtaine de minutes, l'état permanent est atteint, comme l'indique l'immobilité de la tache lumineuse; si alors on opère en A, soit un refroidissement lent, soit un refroidissement brusque, on n'observe plus d'augmentation dans la déviation sur l'échelle, mais seulement un refroidissement plus rapide dans le second cas que dans le premier;

cela a été prouvé par une dizaine d'expériences faites à des jours différents.

Nous pouvons conclure de tous ces résultats que l'augmentation de température que l'on dit observer à la main, dans les circonstances que nous avons rapportées, est réelle sans doute, mais est une simple conséquence de l'état variable des températures. C'est précisément celui où s'effectue constamment le travail de forge de l'ouvrier qui manie la barre, la remettant au feu et la retirant sans cesse, sans attendre l'état permanent; l'échauffement qu'il constate est dû au flux calorifique qui progresse encore et finit par atteindre l'extrémité de la barre, malgré le refroidissement que l'on a fait subir à l'autre extrémité. En outre, cet effet constaté est un effet d'accumulation; l'expérience populaire, que nous avons faite nous-même, montre que ce n'est qu'après plusieurs chauffes consécutives que l'effet thermique devient sensible et non après une seule, et c'est d'ailleurs un point sur lequel sont d'accord les forgerons que nous avons consultés.

Le but de cette petite note était simplement de montrer que le phénomène, considéré comme mystérieux par plusieurs physiciens, ne présente au fond rien de nouveau : il est d'accord avec les lois connues de la conductibilité calorifique.

Laboratoire de M. E. Solvay, Bruxelles.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

—

*Lancaster* (*Alb.*). Le climat de la Belgique en 1897, 12e année. Bruxelles, 1898; in-18 (202 p., 1 carte et 2 diagrammes).

— Court aperçu du climat du Congo. Bruxelles, 1899; extr. in-18 (43 p., 1 carte).

— Résumé des observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Belgique, pendant l'année 1898. Bruxelles, 1899; extr. in-18 (15 p.).

— De l'intérêt des relevés journaliers des heures de soleil. Bruxelles, 1899: extr. in-8° (23 p., 3 diagrammes).

— De la manière d'utiliser les observations hygrométriques. Rapport lu au Ve Congrès international d'hydrologie... de Liége, en 1898. Liége, 1899; extr. in-8° (13 p.).

*Anspach* (*L.*). La compression de la vapeur dans l'espace mort. Paris, 1899; in-4° (21 p.).

*Delheid* (*Ed.*). La faune du rupelien supérieur. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (8 p., 1 pl.).

*De Koninck* (*L.-G.*) et *Lohest* (*Maximin*). Notice sur le parallélisme entre le calcaire carbonifère du nord-ouest de l'Angleterre et celui de la Belgique. Bruxelles, 1886; extr. in-8° (7 p.).

*Lohest* (*Max.*). De la structure héliçoïdale de certaines anthracites de Visé. Liége, 1885; extr. in-8° (19 p., 1 pl.).

— Recherches sur les poissons des terrains paléozoïques de Belgique, 1re partie. Liége, 1885; extr. in-8° (38 p., 3 pl.).

— Sur quelques roches de la zone métamorphique de Paliseul. Liége, 1885; extr. in-8° (3 p.).

— De la présence de la tourmaline dans les roches poudingiformes du gedinnien inférieur. Liége, 1885; extr. in-8° (9 p.).

*De Puydt* (*Marcel*) et *Lohest* (*Max.*). De la présence de silex taillés dans les alluvions de la Méhaigne. Liége, 1885; extr. in-8° (3 p.).

— Notice sur des stations de l'âge de la pierre polie. Bruxelles, 1886; extr. in-8° (25 p., 1 carte).

— Exploration de la grotte de Spy. Liége, 1886; extr. in-8° (8 p.).

*Lohest* (*Max.*). De l'âge de certains dépôts de sable et d'argile plastique des environs d'Esneux. Liége, 1886; extr. in-8° (4 p.).

— Quelques conséquences des mouvements de la terre autour du soleil. Liége, 1886; extr. in-8° (8 p.).

— De l'âge et de l'origine des dépôts d'argile plastique des environs d'Andenne. Bruxelles, 1887; extr. in-8° (8 p.).

— De l'âge d'un crâne humain trouvé à Dieupart. Liége, 1887; extr. in-8° (5 p.).

— Exploration du trou de l'abîme à Couvin. Liége, 1888; extr. in-8° (8 p.).

— Recherches sur les poissons paléozoïques de Belgique. Poissons du famennien. Liége, 1888; extr. in-8° (11 p.).

— Découverte du plus ancien amphibien connu et de quelques fossiles remarquables dans le famennien supérieur de Modave. Liége, 1888; extr. in-8° (10 p.)

— Résultats géologiques fournis par l'étude des poissons paléozoïques de Belgique. Liége, 1888; extr. in-8° (31 p.).

— Recherches sur les poissons du terrain paléozoïque de Belgique. Liége, 1888; extr. in-8° (94 p., 11 pl.).

— De la découverte d'espèces américaines de poissons fossiles dans le dévonien supérieur de Belgique. Liége, 1889; extr. in-8°.

— De l'origine des anthracites du calcaire carbonifère de Visé. Liége, 1889; extr. in-8° (8 p.).

— Alluvions anciennes de la Meuse. Liége, 1890; extr. in-8° (4 p.).

*Lohest* (*Max.*). Sur le mouvement d'une couche de houille entre son toit et son mur. Liége, 1890; extr. in-8° (32 p.).

— Des gisements de phosphate de chaux de la Hesbaye. Liége, 1890; extr. in-8° (13 p.).

— De l'âge relatif des failles du bassin houiller de Liége. Liége, 1890; extr. in-8° (13 p.).

— Sur la signification des conglomérats à noyaux schisteux des psammites du Condroz. Liége, 1891; extr. in-8° (7 p.).

— Sur une analogie de formation d'une variété de phosphate de chaux de la Hesbaye et des phosphates de Curaçao et de la Floride. Liége, 1892; extr. in-8° (4 p.).

— Visite au Musée de la « Smithsonian Institution » à Washington. — Sur un échantillon d'anthracite du Musée de Columbia College à New-York. — Sur les analogies du gisement de gaz naturel aux États-Unis et du grisou en Belgique. — Sur le recul des chutes du Niagara. Liége, 1892; extr. in-8° (15 p.).

— De l'origine des failles des terrains secondaires et tertiaires et de leur importance dans la détermination de l'allure souterraine des terrains primaires. Liége, 1894; extr. in-8° (15 p.).

— De la présence du calcaire carbonifère inférieur, au bord sud du bassin de Namur, à l'est de Huy, et de ses relations avec le calcaire carbonifère inférieur du bassin de Dinant. Liége, 1894; extr. in-8° (7 p.).

— Sur le niveau géologique du calcaire des Écaussines. Liége, 1894; extr. in-8° (6 p.).

— Sur le parallélisme entre le calcaire carbonifère des environs de Bristol et celui de la Belgique. — De l'équivalent calcaire des dolomies de l'Ourthe. Liége, 1894; extr. in-8° (10 p.).

— Des dépôts tertiaires de l'Ardenne et du Condroz. Liége, 1896; extr. in-8° (19 p.).

*Lohest* (*Max.*). De la présence du calcaire à paléchinides dans le carbonifère du nord de la France. Examen critique d'un mémoire de M. de Dorlodot. Liége, 1896; extr. in-8° (18 p.).

— Notions sommaires de géologie à l'usage de l'explorateur au Congo. Bruxelles, 1897; extr. in-8° (31 p.).

BRUXELLES. *Revue de l'Université*, 4e année, 1898-1899, nos 1 à 6.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE.

*Böckh* (*Joh.*) et *Gesell* (*Alex.*). Angabe der Edelmetalen und andere Mineralien auf dem Territorium der Ländern der ungarischen Krone. Budapest, 1898 (carte in-plano, 2 feuilles).

ALTENBOURG. *Naturforschende Gesellschaft*. Mittheilungen, neue Folge, Band VIII, 1898.

BERLIN. *Gesellschaft naturforschender Freunde*. Sitzungs-Berichte, 1898.

— *K. Technische Hochschule*. Rede : Ueber die verschiedenen Formen und Zwecke des Eisenbahnwesens. 1899.

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Verhandlungen, 1898, VI.

VIENNE. *Internationale Erdmessung*. Astronomische Arbeiten, X. Band, 1898; in-4°.

—

AMÉRIQUE.

*Fergusson* (*S.-P.*). Progress of experiments with kites during 1897-1898, at Blue Hill Observatory. Blue Hill, 1898; in-4° (8 p.).

*Clayton* (*H.-Helm*). Studies of cyclonic and anticyclonic phenomena with kites. Blue Hill, 1899; in-4° (15 p., 4 pl.).

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 5.

*Séance du 9 mai 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* G. Cesàro, Julien Fraipont et Fr. Deruyts, *correspondants.*

## CORRESPONDANCE.

—

M. le Directeur annonce la perte que la Classe vient de faire en la personne de Charles Friedel, né à Strasbourg le 12 mars 1832, professeur de chimie organique à la Faculté des sciences de Paris et associé de la section des sciences mathématiques et physiques depuis 1892, décédé à Montauban, le 19 avril dernier.

M. Spring adresse à la mémoire de l'illustre chimiste le légitime tribut des regrets de l'Académie.

Sur sa proposition, le *Bulletin* renfermera une notice de M. L. Henry sur les travaux du défunt.

Des remerciements sont votés à M. L. Henry.

— L'Observatoire météorologique central de Mexico annonce la mort de son directeur, M. l'ingénieur et naturaliste Mariano de la Barcena, décédé le 10 avril dernier.

— La Classe des sciences, comme suite à l'adresse de félicitations que M. le Secrétaire perpétuel avait déjà envoyée à l'Université de Cambridge (Angleterre), au sujet du cinquantenaire du professorat de Sir George-Gabriel Stokes Bart., délègue M. Alphonse Renard à l'effet de représenter officiellement l'Académie à la célébration de ce jubilé, qui aura lieu les 1er et 2 juin prochain.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un

exemplaire de la XXIII^e année, 2^e fascicule, des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Mathesis*, recueil mathématique, tome VIII, 1898; par P. Mansion et J. Neuberg;

2° a) *Sur l'âge relatif des sables noirs à lignites du sous-sol de la Campine limbourgeoise;* b) *Discours prononcé aux funérailles du Dr Jean Crocq;* c) *Le Service géologique de Belgique;* d) *Sur la publication de nouveaux tomes des deux séries de la* Bibliographia geologica *et de la deuxième édition de la* Classification décimale appliquée aux sciences géologiques; e) *Sur les dépôts tertiaires de la Campine limbourgeoise à l'ouest de la Meuse;* f) *Quelques mots au sujet des observations de M. le baron O. van Ertborn sur l'allure probable de l'argile rupelienne dans le sous-sol de la Campine limbourgeoise;* six extraits in-8°, par Michel Mourlon;

3° *Cours de minéralogie*, 3^e édition; par A. de Lapparent, associé à Paris;

4° *Outlines of physical chemistry, translated from the french, by John Mac Crae;* par A. Reychler;

5° *Note sur le développement du système veineux du foie chez les embryons de Lapin;* par P. Van Pée;

6° *Étude comparée des glandes pygidiennes chez les Carabides et les Dytiscides;* par Fr. Dierickx.

— Remerciements.

— Travail manuscrit renvoyé à l'examen :

*Influence du magnétisme sur la luminescence des gaz;* par A. de Hemptinne. — Commissaires : MM. De Heen et Spring.

*Notice sur Charles Friedel, associé de l'Académie;*
par Louis Henry, membre de l'Académie.

J'ai eu l'honneur de connaître personnellement Friedel. Nos relations, toujours excellentes, remontent à près de quarante ans. Elles m'autorisent, je pourrais même dire qu'elles m'obligent, à rendre hommage à la mémoire de ce chimiste éminent au moment où l'Académie apprend son décès.

C'est l'Alsace, cette terre si féconde en hommes remarquables, qui donna Friedel à la France, comme elle lui avait donné déjà Gerhardt et Wurtz. Il naquit, comme eux, à Strasbourg (1).

Par sa mère, Friedel se rattachait de près au monde de la science; elle était la fille de Duvernoy, qui lui-même était de la parenté de Cuvier. Duvernoy avait succédé à de Blainville dans la chaire d'anatomie comparée au Museum d'histoire naturelle; il mourut à Paris en 1855, laissant un nom justement estimé et honoré dans les sciences biologiques.

Ch. Friedel fut formé à l'école des grands maîtres. A Strasbourg, il suivit le cours de Pasteur, « bien jeune professeur alors, mais déjà entouré de l'auréole d'une grande découverte (2) ». A ses leçons, il apprit à aimer

---

(1) Le 12 mars 1832.

(2) Société chimique de Paris. Conférences faites en 1883-1884-1885-1886; page 38 : *Une méthode générale de synthèse des combinaisons aromatiques,* par Ch. Friedel ; 26 avril 1884.

la chimie, c'est lui-même qui nous l'apprend. De là, il vint à Paris compléter ses études, sous les auspices et à côté de son grand-père Duvernoy. Dumas régnait alors dans la chimie en France, mais la politique et l'administration l'avaient enlevé à l'enseignement et à son laboratoire. Friedel eut pour maître, à sa place, Ad. Wurtz, son compatriote et son concitoyen. Wurtz comptait dès lors parmi les personnalités les plus en vue de la chimie, en France et à l'étranger. Ses travaux sur les acides du phosphore, sur les ammoniaques composées l'avaient placé au premier rang; le *glycol*, qui existait déjà dans sa pensée, était en préparation. Il avait succédé, en 1853, à Dumas et à Orfila dans les chaires de chimie de l'École de médecine. C'était alors un établissement bien modeste, au point de vue matériel, que le laboratoire de l'École de médecine de Paris (1). Mais l'esprit est au-dessus de la matière et les hommes supérieurs peuvent encore beaucoup dans les situations les moins favorisées : du milieu de ces locaux resserrés, noircis, enfumés, s'élevait, sous la direction d'un maître à l'intelligence haute et d'une puissante activité, une glorieuse école de chimie.

Friedel fut reçu dans le laboratoire de Wurtz; il y passa plus de onze années, « participant à quelques-uns de ses travaux, suivant les autres, aidé de ses conseils et de ses encouragements, initié ainsi à l'art des recherches expérimentales (2) ».

L'élève devint l'ami du maître et plus tard il en fut le successeur à divers titres.

---

(1) Voir la notice sur Ad. Wurtz citée plus loin, pages XIII et suivantes.

(2) Conférence citée plus haut.

L'influence de ce maître, éminent entre tous, se constate dans toute la carrière scientifique, et même dans toute la vie de Friedel.

Ces deux hommes avaient les mêmes idées et professaient les mêmes doctrines. Ils appartenaient à la même école de chimie : la *chimie atomique*. Ils en furent, en France, successivement les représentants principaux et les chefs.

Leurs travaux, du meilleur genre classique, se distinguent par les mêmes caractères de lucidité, de clarté et, en général, d'utilité scientifique immédiate.

Je puis dire aussi qu'au point de vue moral, Wurtz et Friedel se ressemblaient, malgré toute la différence de leurs personnes physiques. Il y avait loin, sans doute, de l'animation extérieure et de l'entrain de Wurtz à la gravité tranquille et aimable de Friedel, mais c'était de part et d'autre la même aménité de caractère, la même bienveillance, le même dévouement généreux à la jeunesse studieuse. Wurtz éveilla parmi ses disciples de vives et profondes sympathies; elles allèrent aussi, tout naturellement à Friedel lorsque à son tour il eut à diriger un grand laboratoire.

Wurtz et Friedel ne s'accordaient pas seulement dans les choses de la science. Nés sous le même ciel, élevés dans les mêmes conditions, ils étaient animés d'un amour également puissant pour leur terre natale, cette glorieuse Alsace, et pour la grande patrie française. Cette communauté d'idées et de sentiments s'étendait même à tout ce qu'il y a de plus profond, de plus intime dans l'âme humaine, les croyances religieuses.

Dans une notice magistrale, véritable monument érigé à la mémoire de son illustre maître, Friedel nous a

révélé, avec une compétence parfaite, quelles étaient les idées et les convictions de Wurtz dans le domaine philosophique, religieux et moral (1).

« Patriote ardent, dit-il, Wurtz a toujours travaillé à la grandeur de son pays, mais, comme bien d'autres, il a mieux compris, après nos malheurs, qu'elle n'était possible que par la liberté, par l'instruction à tous les degrés, par l'esprit scientifique répandu jusque dans les milieux que leur avait fermés trop longtemps l'ignorance ou une culture littéraire exclusive, enfin, par le développement moral qu'à ses yeux le spiritualisme chrétien était seul capable d'assurer (2). »

. . . . . .

. . . . . .

« Savant et penseur, Wurtz n'avait pas été détourné par le détail des expériences minutieuses de la vue d'ensemble des choses, il ne croyait pas, pour avoir vu de grandes découvertes sortir de sa cornue, que tout puisse être ramené à des opérations chimiques ou physiques et qu'il n'y a rien au delà de ce qui impressionne nos sens (3). »

. . . . . .

. . . . . .

« L'alliance de la science et de la religion, qu'on traite souvent de chimère, il la savait possible par son expérience personnelle, il l'avait vue réalisée chez bien des hommes éminents, et il en sentait le prix tout à la fois pour la religion qu'elle rend plus humaine et pour la science à laquelle elle donne des ailes pour s'élever vers l'idéal (4). »

. . . . . .

. . . . . .

---

(1) *Notice sur la vie et les travaux de Charles-Adolphe Wurtz*, par M. Friedel, membre de l'Institut. (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS, t. XLIII, année 1885.)

(2) *Ibid.*, etc., page LXXI.

(3) *Ibid.*, etc., page LXXI.

(4) *Ibid.*, etc., page XXV.

« A mesure que la science pénètre davantage dans l'ordre de la nature, — *c'est Wurtz lui-même qui parle* (1), — elle met à jour, en même temps que la simplicité des moyens mis en œuvre, la diversité infinie des résultats. Ainsi, à travers le coin du voile qu'elle nous permet de soulever, elle nous laisse entrevoir tout ensemble l'harmonie et la profondeur du plan de l'univers. Quant aux causes premières, elles demeurent inaccessibles. Là commence un autre domaine que l'esprit humain sera toujours empressé d'aborder et de parcourir. Il est ainsi fait et vous ne le changerez pas. C'est en vain que la science lui aura révélé la structure du monde et l'ordre de tous les phénomènes, il veut remonter plus haut, et dans la conviction instinctive que les choses n'ont pas en elles-mêmes leur raison d'être, leur support, leur origine, il est conduit à les subordonner à une cause première, unique, universelle : Dieu. »

J'ose affirmer que cette philosophie si fortement et si éloquemment exprimée était celle que professait Friedel lui-même.

*Idem velle, idem nolle, ea firma amicitia est* (2). Faut-il s'étonner de l'attachement profond qu'éprouvait un disciple dont le cœur était aussi noble que l'esprit élevé, pour un maître aussi digne d'admiration?

La carrière scientifique de ces deux hommes, dont les âmes étaient si proches, se développa d'une manière harmonique. Il semble même que la mort ait voulu les confondre à la fin dans la même égalité douloureuse. Ils

---

(1) *La théorie des atomes dans la conception générale du monde.* Discours prononcé au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Lille, en août 1874, par Ad. Wurtz, président de l'Association.

(2) Dans SALLUSTE, CATILINA.

disparurent de la scène de ce monde, prématurément, rapidement enlevés par de courtes maladies, âgés l'un et l'autre de 67 ans, alors que l'on était en droit d'attendre encore les fruits les plus précieux de leur activité, qui jusque-là n'avait pas connu de défaillances.

« Si peut-être pendant sa courte maladie, — *s'écriait Friedel lors des funérailles de Wurtz,* — entrevoyant la possibilité d'une issue fatale, il a donné quelques regrets à tant de biens et pensé avec douleur aux siens qu'il allait quitter, il a trouvé auprès de Dieu la force d'accepter la séparation avec l'assurance de voir bientôt dans sa splendeur ce qu'il avait cherché toute sa vie : la Vérité. »

Ces graves paroles achèvent le portrait moral de Friedel. Je n'en puis douter, ces pieuses et solennelles pensées furent celles qui occupèrent son âme si chrétienne dans ses derniers jours et en adoucirent l'amertume.

Friedel entra de bonne heure dans les fonctions officielles. En 1856, il fut nommé conservateur des collections minéralogiques de l'École des mines de Paris. Il resta attaché à ce grand établissement, en cette qualité, pendant dix ans.

Cette circonstance explique la dualité, en apparence étrange, que l'on constate dans son œuvre scientifique. Des travaux de minéralogie s'y mêlent d'une manière ininterrompue à des travaux de chimie.

Il est assez remarquable que le premier des mémoires scientifiques qu'il publia en 1856 (1), comme le dernier

---

(1) *Description de cristaux de Zircon, de Serro-de-Frio, au Brésil.* (ANN. MIN., t. IX, p. 629.)

en 1899 (1), il y a quelques mois, se rapportent l'un et l'autre à la minéralogie. Jamais il n'abandonna dans ses études expérimentales ce domaine auquel la chaire de minéralogie de la Sorbonne, qu'il occupa de 1876 à 1884, le rattachait d'ailleurs intimement. Sans vouloir entrer dans le détail de ses travaux minéralogiques, je me bornerai à rappeler ses études sur la pyro-électricité de la pyrite, sur la formation synthétique de diverses espèces minérales, sur la composition de la topaze, etc. Parmi les espèces minérales qu'il fit connaître, il en est une qui mérite une mention spéciale : c'est la blende hexagonale, qu'il dédia, sous le nom de *Wurtzite*, à son illustre maître.

Je ne voudrais pas dire que Friedel fût minéralogiste par devoir, mais je puis affirmer qu'il était chimiste par goût. C'est dans le domaine de la chimie organique que son activité s'est principalement exercée. Pendant quarante années, ses travaux se sont succédé sans interruption, témoignant de sa puissante capacité de travail, de son habileté expérimentale et de sa haute intelligence des questions scientifiques. Son œuvre est immense. Ses mémoires, ceux qu'il publia seul et ceux qui, avec son nom, portent celui de collaborateurs dont plusieurs sont eux-mêmes devenus des maîtres distingués, enrichissent les *Bulletins de la Société chimique de Paris*, les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de France*, les *Annales de chimie et de physique*, etc. Il ne serait pas possible d'en faire, dans cette courte notice, la revue et

---

(1) C. Friedel et E. Cumenge, *Sur une nouvelle espèce minérale : la Carnotite*. (Bulletin de la Société chimique de Paris, t. XXI (3), p. 328.)

l'analyse. Je ne puis toutefois me dispenser de signaler d'une manière toute spéciale ses travaux sur les alcools secondaires, sur les dérivés siliciques et les composés silico-carbonés, les synthèses admirables qu'il réalisa dans le groupe des composés aromatiques à l'aide du chlorure d'aluminium, agent puissant qu'il introduisit dans l'arsenal des laboratoires. C'est au cours de ces recherches, fécondes entre toutes, qu'il réalisa la synthèse de l'acide mellithique, comme si, dans ses mains, la minéralogie et la chimie organique ne devaient jamais être séparées.

Dès 1878, Friedel entra à l'Institut; il succéda à Regnault dans la section de chimie de l'Académie des sciences. Celle-ci comptait encore à cette époque, parmi ses membres, le vénérable Chevreul, dont la science devait célébrer quelques années après le glorieux centenaire. Sa situation scientifique ne devint complètement normale qu'en 1884, en ce sens que ses travaux personnels et ses devoirs professionnels furent mis d'accord. Il eut l'honneur, cette année-là, de succéder à Wurtz dans la chaire de chimie organique de la Faculté des sciences. Friedel était digne de recueillir la succession scientifique de ce grand maître. A la tête d'un laboratoire peuplé de jeunes chimistes qui venaient y compléter leur formation sous sa direction bienveillante et éclairée, il devint dès lors la personnalité la plus marquante de la chimie atomique en France. Je suis sûr de n'éveiller aucune susceptibilité en disant qu'il fut, dans son pays, à partir de ce moment, le véritable chef de cette école féconde.

C'est en cette qualité qu'il succéda à Wurtz dans la direction du grand *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, édité par la maison Hachette depuis 1869.

C'est aussi, sans doute, en cette qualité, que la Société chimique de Berlin, la plus puissante de toutes les institutions de ce genre, lui décerna, en 1894, le titre de membre d'honneur, en même temps qu'à une autre illustration de la chimie française.

J'aime à constater que, dès 1892, l'Académie royale de Belgique avait tenu à honneur d'inscrire son nom au nombre des associés de la Classe des sciences.

Friedel était un homme de science et ne fut que cela. La politique, du moins la politique militante et active, ne parvint jamais à le séduire ni à le distraire de ses études et de ses recherches.

Et cependant son patriotisme était ardent.

Ce fut son patriotisme d'enfant de l'Alsace qui, au lendemain des désastres des années 1870-1871, le fit songer, comme tant d'autres, aux moyens de relever la France amoindrie. Dans le discours qu'il prononça lors des funérailles de Wurtz, au nom de l'Association française pour l'avancement des sciences, M. Bouquet de la Grye raconte que l'idée de fonder en France une institution analogue à l'Association scientifique anglaise fut suggérée à Wurtz dans son laboratoire par un de ses élèves. Je ne crois pas me tromper en disant que cet élève, que l'orateur dit avoir été un des plus savants et qu'il qualifie d'aussi modeste que dévoué, était Charles Friedel.

Wurtz accueillit cette idée avec enthousiasme. Il fut, comme le dit M. Bouquet de la Grye, le premier adepte et le premier apôtre de l'œuvre naissante. On sait ce que l'Association française pour l'avancement des sciences est devenue aujourd'hui et tout ce que la France lui doit de progrès réel dans le domaine scientifique.

N'est-ce peut-être pas aussi son patriotisme, aussi bien que son dévouement à la science, qui l'amena, il y a une dizaine d'années, à promouvoir, de toute son activité, la question de la réforme de la nomenclature chimique. La langue usitée en chimie est de fondation française. Élaboré vers la fin du siècle dernier, par un collège de savants français, sous la direction de Lavoisier, ce système a rendu les plus précieux services. Cette langue parlée, avec les formules imaginées par Berzélius, qui constituent la langue écrite, a contribué pour une part incontestable aux progrès immenses qu'a réalisés la chimie pendant le XIXe siècle. Mais ce système a vieilli, il est incomplet et insuffisant, surtout en ce qui concerne le formidable contingent des combinaisons carbonées.

Friedel connaissait aussi bien que personne cette situation.

Peut-être voulut-il, tout en servant la science, conserver à son pays l'honneur de doter, une fois encore, la chimie d'une langue appropriée à ses besoins, et de nature à satisfaire à toutes les exigences du présent et de l'avenir? Mais pour la réalisation d'une œuvre aussi délicate et aussi difficile, ce n'était pas de trop de la concentration de toutes les lumières et du concours de toutes les bonnes volontés. Au Congrès international des chimistes réuni à Paris à l'occasion de l'Exposition de 1889, une section spéciale fut constituée sous la présidence de Friedel pour s'occuper de la nomenclature chimique et des mesures à prendre pour en réaliser la réforme.

L'appel adressé aux chimistes étrangers fut entendu : les adhésions vinrent nombreuses, et parmi elles de hautes et puissantes, témoignant tout à la fois de l'im-

portance de l'œuvre projetée et de la sympathie qu'excitait de toutes parts son promoteur.

Je n'ai pas à faire ici l'histoire de cette entreprise; je veux encore moins faire l'appréciation des systèmes proposés et des résolutions prises par les comités français et internationaux constitués pour fonder cette langue nouvelle et en assurer l'usage. Mais je tiens à le constater, si Friedel ne fut pas l'initiateur (1) de cette œuvre désormais historique, il en resta l'âme et le principal promoteur au milieu des embarras, des vicissitudes qu'elle eut à traverser, et, j'aime à le dire, des succès que déjà elle a enregistrés, car il est une partie des dénomi-

---

(1) J'ai tenu à me renseigner exactement sur l'origine de la *nouvelle nomenclature en chimie organique.*

C'est M. M. Hanriot, alors secrétaire général de la Société chimique de Paris, qui souleva le premier la question de la réforme de la nomenclature. Lors de la rédaction des tables du *Bulletin,* il avait été frappé de la confusion qui régnait dans les noms et de la difficulté de retrouver le nom d'un corps dont on connaissait la formule; il jugeait indispensable de mettre de l'ordre au milieu des appellations, souvent fantaisistes, attribuées aux corps par leurs auteurs. Il proposa d'inscrire au programme du Congrès international de chimie réuni à l'occasion de l'Exposition de 1889, la question des modifications à introduire dans la nomenclature; il ne visait à cette époque que des modifications de terminaisons ou de préfixes. Friedel adopta pleinement cette idée: la généralisant, il proposa de l'étendre à tous les corps sans exception et de toutes fonctions.

La première section du Congrès de 1889 eut donc pour objet de ses délibérations l'*unification de la nomenclature en chimie organique.* La séance qu'elle tint le 3 août, dans laquelle cette question fit officiellement son entrée dans le monde chimique, fut présidée par Charles Friedel.

nations proposées que l'usage a ratifiées et qui font aujourd'hui partie du langage classique.

Comme celui de Wurtz, le nom de Friedel manque de popularité; il n'est connu que dans les Académies et les Instituts chimiques. C'est le sort commun à tous ceux qui, loin et au-dessus de la foule, ne se sont occupés que de la science pure.

Sans doute, le nom de Liebig a pénétré jusque dans le plus petit des hameaux et n'est ignoré d'aucune ménagère; mais, faut-il le dire? ce n'est pas la théorie des radicaux ni son mémorable travail sur les composés benzoïques qui ont valu à l'illustre chimiste de Giessen cette notoriété universelle!

Wurtz et Friedel, indissolublement unis, vivront, entourés d'estime, de sympathie et de respect, dans le souvenir de tous ceux qui ont eu l'honneur de les connaître ou d'être leurs élèves, et la chimie leur conservera une grande place dans son histoire pendant la seconde moitié de notre siècle.

---

ÉLECTION.

La Classe renouvelle à M. Crépin, trésorier de l'Académie, le mandat de délégué auprès de la Commission administrative pendant l'année 1899-1900.

---

## RAPPORTS.

---

*Résolution graphique des cristaux;* par G. Cesàro.

**Rapport de M. Neuberg, premier commissaire.**

« D'un point quelconque C, abaissons des perpendiculaires sur les faces $F_1$, $F_2$, $F_3$,... d'un cristal et marquons les points $P_1$, $P_2$, $P_3$,... où ces droites rencontrent une sphère décrite de C avec un rayon arbitraire. L'ensemble des points $P_1$, $P_2$, $P_3$,... constitue une *projection sphérique* du cristal. Soient V un point quelconque de la sphère, C et T le plan mené par le centre perpendiculairement au rayon CV. Les droites $VP_1$, $VP_2$, $VP_3$... percent le plan T en des points $p_1$, $p_2$, $p_3$... dont la réunion forme une *projection stéréographique* du cristal.

On peut dessiner cette dernière projection après avoir mesuré les dièdres du cristal, puis en déduire par des procédés graphiques, quels que soient les axes du cristal, soit la notation d'une face, soit le solide primitif. C'est cette résolution graphique des cristaux qui fait l'objet du présent mémoire.

Dans une courte introduction, notre savant confrère rappelle les principes des projections stéréographiques ainsi que la résolution des problèmes fondamentaux. Il passe ensuite à l'explication de différentes méthodes servant à déterminer les segments qu'une face donnée (ou un

plan parallèle) détermine sur trois droites $Cx$, $Cy$, $Cz$ (axes du cristal). Il traite successivement le cas où, l'un des axes étant CV, les deux autres sont situés dans le plan T; celui où, l'un des axes étant encore CV, les deux autres sont quelconques; enfin celui où le trièdre axial a une situation quelconque. Le dernier cas est résolu par deux méthodes, dont la première est remarquable au point de vue géométrique, mais exige un grand nombre de constructions si l'on emploie un plan quelconque, parallèle à la face considérée; l'épure se simplifie beaucoup si le plan passe par le point de vue V.

L'auteur applique ses procédés à des exemples variés, tels que la wavellite, le gypse, l'axinite, etc. Il fait remarquer, en passant, que la résolution graphique est souvent plus expéditive que la résolution par le calcul.

Le beau travail de M. Cesàro intéressera non seulement les cristallographes, mais aussi les géomètres. Je propose volontiers l'impression de ce mémoire dans nos publications in-4°, ainsi que la reproduction des dix-huit figures, très bien exécutées, qui l'accompagnent. »

—

**Rapport de M. Ch. de la Vallée Poussin, deuxième commissaire.**

« L'objet de ce mémoire de M. Cesàro est de faire ressortir par des exemples le parti que l'on peut tirer de la projection stéréographique pour déterminer les paramètres fondamentaux et les notations des diverses faces d'un cristal.

Dans ce but, l'auteur choisit plusieurs espèces cristallines : la wavellite, le gypse, la monazite, le chromate de plomb hydraté, l'axinite, la phénacite. Il part de quelques valeurs angulaires déterminées au goniomètre, valeurs qu'il choisit parfois de manière à rendre le problème difficile par le calcul, et il construit une épure d'après les règles de la projection stéréographique où il applique notamment ce qu'il nomme le procédé *par parallèles*, qui permet de fixer le pôle d'une face quand on connaît les angles qu'elle fait avec deux faces connues.

Si l'épure est bien faite, il ne reste qu'à mesurer sur le dessin quelques angles avec un rapporteur, et les longueurs de certaines lignes avec une tringle divisée en demi-millimètres. On obtient ainsi des valeurs qui égalent en précision les résultats du calcul trigonométrique. M. Cesàro le prouve en mettant les deux procédés en présence.

Il va de soi que la correction du dessin est ici la condition essentielle. Ceux qui accompagnent le présent mémoire sont exécutés avec cette perfection dont M. Cesàro est coutumier. Je ne suis pas étonné que mon savant confrère, M. Neuberg, en ait été frappé. Je me rallie à ses conclusions quant à la publication intégrale du travail intitulé : *Résolution graphique des cristaux.* »

La Classe décide l'impression du travail de M. G. Cesàro dans la collection in-4° réservée aux mémoires des membres.

—

*Sur quelques dérivés fluobromés en* $C_2$ (troisième communication); par F. Swarts.

***Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.***

« M. F. Swarts a continué ses intéressantes recherches sur les dérivés fluobromés du carbone.

Dans son travail précédent (*), il avait constaté la formation d'un peu de trifluordibrométhane ($C_2HBr_2Fl_3$) à côté du difluortribrométhane ($C_2HBr_3Fl_2$), qui représentait la masse principale de la réaction de l'éthane tétrabromfluoré ($C_2HBr_2Fl$) avec le fluorure d'antimoine en présence du brome; aujourd'hui, il fait connaître les conditions les plus favorables à la production de ce dérivé trifluobromé de l'éthane, et il étudie d'une façon plus complète cette substance nouvelle, tant au point de vue physique que chimique.

Je me bornerai à signaler dans ce rapport les faits suivants :

1° L'auteur est arrivé à l'*éthylène trifluoré* $C_2HFl_3$ en traitant le trifluorbrométhane par le zinc en poudre. Cet éthylène trifluoré, qui est un gaz se liquéfiant à — 51° sous la pression atmosphérique, fixe l'oxygène de l'air et passe à l'état de fluorure acide, comme le font aussi les éthylènes moins fluorés déjà décrits par l'auteur.

2° Le trifluortribrométhane ($C_2HBr_3Fl_3$) réagit avec l'alcoolate de potassium et donne un *éther fluobromé* répondant à la formule

$$C_2HBrFl_3 . O . C_2H_5;$$

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXIV, p. 307 (août 1897).

en même temps, il se produit un gaz se liquéfiant à —2°.5 et caractérisé par la facilité avec laquelle il s'oxyde au contact de l'air; c'est, paraît-il, un mélange de $C_2Br_3Fl$ et de $C_2HBrFl_2$ si l'on conclut de l'analyse et des propriétés du gaz.

3° L'éthylène trifluoré fournit encore les dérivés $C_2HBr_2Fl_3$ et $C_2Br_3Fl_3$ quand on le traite par le brome dans certaines conditions.

4° Enfin, l'auteur termine son travail par quelques considérations sur les variations que présentent les points d'ébullition de ses dérivés quand le brome remplace le fluor : en général, il y a une augmentation de 69°.

Ces lignes montrent suffisamment que ce nouveau travail de M. Swarts fait une heureuse suite à ses communications antérieures; aussi est-ce avec plaisir que j'en propose l'insertion dans le *Bulletin* de la séance. »

M. L. Henry, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

—

*Changements dans la composition d'une masse gazeuse injectée dans le tissu cellulaire sous-cutané;* par Léon Plumier.

**Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.**

« Rodet et Nicolas ont constaté qu'une masse gazeuse injectée dans le péritoine ou sous la peau d'un animal vivant, pouvait, dans certaines circonstances, acquérir une richesse en oxygène supérieure à 21 °/₀. Ils en avaient tiré argument en faveur de la théorie qui attribue à l'oxygène du sang artériel une tension supérieure à celle de l'air atmosphérique, et qui rapporte l'absorption de ce

gaz, dans la respiration pulmonaire, à d'autres facteurs que la simple diffusion gazeuse.

M. Plumier a repris ces expériences. Il a montré que les hautes tensions d'oxygène observées dans certaines expériences de Rodet et Nicolas s'expliquaient d'une façon très simple. Il s'agit toujours de mélanges gazeux riches en anhydride carbonique : $CO^2$, en vertu de sa grande solubilité, est absorbé beaucoup plus vite par le plasma alcalin du sang que l'oxygène et l'azote, ces deux gaz étant bien moins solubles dans les liquides aqueux. Il y a donc, à un certain moment, par suite de l'absorption de $CO^2$, accumulation d'oxygène dans la masse gazeuse injectée.

Mais cette teneur élevée en oxygène ne correspond nullement à une haute tension d'oxygène dans le sang; en effet, cette teneur élevée d'oxygène n'est que passagère. L'équilibre se rétablit peu à peu, de sorte que si l'on prolonge suffisamment l'expérience, le mélange gazeux finit par ne plus contenir que 6 à 8 % d'oxygène.

Les expériences de Rodet et Nicolas ne sont donc nullement en contradiction avec la théorie de Pflüger qui considère les échanges gazeux de la respiration pulmonaire comme réglés uniquement par les phénomènes de la diffusion gazeuse.

Je propose à la Classe de voter l'insertion de l'intéressante notice de M. Plumier dans le *Bulletin* de la séance. »

Ces conclusions, auxquelles déclare se rallier M. Masius, second commissaire, sont adoptées par la Classe.

---

*Sur certaines oscillations périodiques de la pression artérielle ;*
par H. Rulot.

***Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.***

« M. Rulot a étudié chez le lapin les conditions dans lesquelles se produisent les oscillations périodiques de la pression sanguine qui embrassent plusieurs mouvements respiratoires (oscillations de troisième ordre).

Il a constaté que ces oscillations correspondent d'ordinaire à des variations concomitantes du régime respiratoire (respiration périodique de Mosso). Il établit par des expériences probantes que cette respiration périodique ne peut cependant pas être considérée comme la cause déterminante des oscillations de pression de troisième ordre. Il se rallie à la théorie qui les attribue à une influence vaso-motrice périodique. Il semble résulter de ses expériences que les centres nerveux vaso-moteur et respiratoire présentent un rythme commun, à période relativement longue, chaque période embrassant plusieurs mouvements respiratoires.

Je propose à la Classe de voter l'insertion du travail de M. Rulot et des graphiques qui l'accompagnent dans le *Bulletin* de la séance. »

Ces conclusions, auxquelles déclare se rallier M. Masius, second commissaire, sont adoptées par la Classe.

—

Il est donné lecture des rapports suivants de :

1° MM. Brialmont et De Heen sur une *Description d'un ballon-parachute* inventé par Jos. Moelans, instituteur à Anvers. — Dépôt aux archives.

2° M. Ch. Lagrange, sur une note *Sur la gravitation;* par J.-I. Lengsfield, de Vicksburg (É.-U.). — Communication du rapport à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique.

— Sur la demande de MM. De Tilly et Mansion, le mémoire de M. Eug. Ferron, *Sur un nouveau principe de mécanique,* ainsi que la réponse que l'auteur vient de faire aux objections de ces deux commissaires, seront renvoyés à M. François Deruyts, lequel deviendra par ce fait le premier commissaire.

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

### *Sur un procédé de détermination de la méridienne;* par F. Folie, membre de l'Académie.

Dans les volumes que j'ai publiés de l'*Annuaire de l'Observatoire royal* figure un procédé de détermination de la méridienne au moyen des observations de passage de deux étoiles, l'une au nord, l'autre au sud du zénith, à une assez grande distance de celui-ci. Ce procédé, que j'ai appliqué avec succès et qui est très commode en voyage, en ce qu'il dispense de la connaissance de l'heure, a fait l'objet d'une critique récente (*).

(*) *Annales de la Société scientifique de Bruxelles,* 1898-1899, 2e fasc., p. 34.

Dans l'*Annuaire*, je me suis borné à l'indiquer; ce n'était pas le lieu de le démontrer; on pense bien cependant que j'avais de bonnes raisons pour en recommander l'emploi.

Je me propose d'en établir ici les fondements; on sera à même de juger, après la lecture de cette démonstration, si la critique du procédé est fondée (*).

Celui-ci suppose l'observation de deux étoiles bien connues en ascension droite. Il va de soi que, dans ces conditions, si les erreurs instrumentales n'étaient pas à craindre, le méridien serait déterminé par cette double observation, qu'on pourrait du reste répéter, comme moyen de contrôle, sur deux autres étoiles.

Parmi les erreurs instrumentales, la première, l'erreur azimutale, est précisément celle qu'on cherche à déterminer; la seconde, la collimation, peut être connue, dans tout bon instrument, avec toute la précision qu'on peut attendre de celui-ci dans les observations mêmes.

Quant à la troisième, l'erreur d'inclinaison, elle est très difficile, je dirai même impossible à déterminer. On sait, en effet, par les expériences de J. Plantamour près de Genève, de Becker à Neufchâtel, de d'Abbadie dans les Pyrénées occidentales, que la verticale d'un lieu n'est nullement fixe, autrement dit que le zénith est variable.

Le fil à plomb ou le niveau, qui devrait donner le zénith invariable des astronomes, ne peut donner que ce zénith variable.

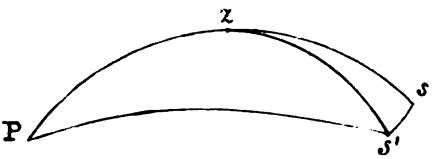
La détermination de l'inclinaison de l'axe de l'instru-

---

(*) Cette démonstration est celle que je donnais dans mes leçons inédites d'astronomie à l'Université de Liége.

ment est donc réellement impossible, et il ne reste qu'une chose à faire : éliminer son influence dans le résultat des observations.

C'est à quoi l'on arrive, à très peu de chose près, comme on va le voir, par le procédé que j'ai indiqué, et c'est là un de ses principaux avantages.




Désignons par l'indice 1 les quantités relatives à la première étoile, à laquelle nous supposerons une déclinaison australe représentée par $-\delta_1$ ; par l'indice 2 celles qui se rapportent à la seconde.

Comme les étoiles ne passent pas exactement dans le méridien, leurs distances zénithales seront

$$\varphi + \delta_1 + \Delta_1, \qquad \varphi + \delta_2 + \Delta_2,$$

et le triangle PS'Z donnera

$$(1). \quad . \quad . \quad \sin \Delta A \sin(\varphi + \delta_1 + \Delta_1) = \sin \Delta \gamma_1 \cos \delta_1 ,$$

pour la première étoile ; et de même pour la deuxième, en changeant 1 et 2.

Calculons les $\Delta$.

On peut admettre que l'arc de parallèle SS' se confond, dans son étendue, avec l'arc de grand cercle normal en S au méridien.

Dans ce cas, on aura, en général, en appelant $z'$ la distance ZS' :

$$\operatorname{tg} z' = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \delta)}{\cos \Delta A},$$

d'où l'on tire $\Delta$ ou

$$z' - (\varphi - \delta) = \operatorname{tg}^2 \frac{\Delta A}{2} \sin 2(\varphi - \delta),$$

formule dans laquelle l'expression générale de la distance zénithale, $\varphi - \delta$, doit être remplacée par $\varphi - \delta_1$ ou $\varphi + \delta_2$, pour nos deux étoiles.

Si nous développons l'équation (1), nous aurons donc, aux quantités près du quatrième ordre :

$$\sin \Delta A \left\{ \sin(\varphi + \delta_1) + \cos(\varphi + \delta_1)\Delta_1 \right\} = \sin \Delta \eta_1 \cos \delta_1,$$

et de même en changeant 1 en 2.

Or, si la distance zénithale de chacune des deux étoiles est assez considérable, le facteur $\cos(\varphi + \delta)$ sera petit pour chacune d'elles, et le terme en $\Delta$, qui est déjà du deuxième ordre, sera absolument négligeable, même si $\Delta A$ n'est pas très petit.

Dans ce cas donc, on peut écrire simplement, au lieu de (1) :

$$\Delta A \sin(\varphi + \delta_1) = \Delta \eta_1 \cos \delta_1,$$

et de même en changeant 1 en 2.

De là on tire

$$\Delta A = \frac{\cos \delta_1 \cos \delta_2}{\cos \varphi} \frac{\Delta \eta_2 - \Delta \eta_1}{\sin(\delta_2 - \delta_1)}$$

$$= \frac{\cos \delta_1 \cos \delta_2}{\cos \varphi} \frac{\eta_2 - \eta_1 - (\alpha_2 - \alpha_1)}{\sin(\delta_2 - \delta_1)}.$$

si $u_1$ et $u_2$ représentent les heures sidérales des passages observées au chronomètre.

En effet, en désignant par $\Delta u$ l'état de celui-ci, on a

$$\Delta\eta_1 = u_1 + \Delta u - \alpha_1, \qquad \Delta\eta_2 = u_2 + \Delta u - \alpha_2;$$

car, les deux étoiles étant observées à peu près en même temps, l'état $\Delta u$ du chronomètre sera le même dans les deux observations; en sorte que la détermination de $\Delta A$ est indépendante de l'état du chronomètre.

L'application de cette méthode suppose que les heures des passages, données par l'observation, aient été corrigées, au préalable, de la collimation et de l'inclinaison.

Elle est toutefois presque indépendante de l'inclinaison si les deux étoiles sont observées assez près de l'horizon, de sorte que si l'on a approximativement déterminé $\Delta i$, et qu'on en ait tenu compte, en retranchant, pour chaque étoile, de $\Delta\eta$ la quantité

$$\Delta i \frac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos\delta},$$

l'erreur restante, provenant de la petite inexactitude de la détermination de $\Delta i$, sera négligeable, vu la petitesse de $\cos(\varphi + \delta)$.

Il ne s'agit donc pas, comme on le voit, de négliger l'inclinaison, idée qui ne viendra jamais à l'esprit d'un astronome; mais, après l'avoir déterminée avec toute la précision dont l'instrument est capable, d'éliminer l'influence de l'erreur commise, soit par le fait de cette détermination plus ou moins incorrecte, soit par le fait des déviations périodiques de la verticale.

—

*Phénomènes périodiques observés à Grivegnée et à Tilff (Liége) en mars et avril 1899;* par F. Folie, membre de l'Académie.

La végétation, qui s'annonçait si précoce en février, a subi un retard très considérable par suite de la rigueur excessive du mois de mars, pendant lequel la température de l'air, sous abri, s'est abaissée, à Tilff, à 13° sous zéro.

Aussi les pêchers en plein vent, presque en fleur à la fin de février, n'ont-ils commencé à fleurir que le 28 mars dans mon jardin, à Grivegnée, sur une côte exposée au midi.

A Tilff, des abricotiers en espalier, à très bonne exposition, avaient encore des boutons à la fin d'avril.

J'ai noté en mars :

Du 15 au 20, la feuillaison du sorbier et du néflier.

Le 28, outre la floraison du pêcher, celle du cognassier du Japon et du forsythia.

En avril, j'ai noté :

Le 4, la floraison du lierre terrestre, des cerisiers, pruniers, jacinthes et des premières tulipes.

Le 5, celle de l'ajonc épineux (Tilff) et la feuillaison du mélèze; la floraison, à Grivegnée, dans la vallée, du muguet et de la pensée.

Le 12, la floraison de la potentille blanche, de la violette (*V. canina*), du cresson alénois, de la primevère (*P. veris*), de l'oxalide (*O. Acetosella*), des poiriers.

Le 15, la feuillaison du bouleau, la floraison de la potentille jaune.

Le 18, la feuillaison du marronnier d'Inde.

Le 4 avril, j'ai aperçu deux hirondelles ; elles ne sont arrivées en nombre que le 5 mai ; la bergeronnette jaune a été vue le 5 avril ; le rossignol s'est fait entendre vers le 15, malgré le froid.

Fait à noter, les boutons à fleurs des pêchers, pruniers, cerisiers, poiriers, fort avancés à la fin de février, quoique ayant été roussis par les fortes gelées de mars, se sont fort bien développés, et les pommiers, de même que les poiriers et fruits à noyau tardifs, promettent une bonne récolte.

J'ai maintes fois observé que la gelée est moins redoutable aux arbres fruitiers que les pluies froides pendant la floraison.

Des pommes de terre que j'avais plantées presque à fleur de terre en février, et que je croyais gelées, ont commencé à pousser vers le 15 avril.

---

*Sur quelques dérivés fluobromés en* $C_2$ (troisième communication); par Fréd. Swarts, répétiteur à l'Université de Gand.

J'ai annoncé dans une précédente communication sur le même sujet (*), que quand on fait agir une molécule de fluorure d'antimoine sur trois molécules d'éthane tétrabromfluoré en présence du brome, il se forme, à côté d'une forte proportion de tribromdifluoréthane, une

(*) *Sur quelques dérivés fluobromés en* $C_2$ (deuxième communication). (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXIV, pp. 307-326.)

petite quantité de trifluordibrométhane. Si cette formation d'éthane trifluordibromé est importante au point de vue théorique, parce qu'elle prouve la possibilité d'une substitution de plusieurs atomes de brome au même atome de carbone par le fluorure d'antimoine, elle ne l'est guère au point de vue quantitatif et ne peut constituer un mode de préparation du trifluordibrométhane.

Pour obtenir ce dernier en quantité plus forte, j'ai fait agir deux molécules de fluorure d'antimoine sur trois molécules de tétrabromfluoréthane en présence du brome, en opérant, comme pour la préparation du tribromdifluoréthane, dans un appareil de platine muni d'un réfrigérant à reflux et chauffé à 130°.

Après dix-huit heures, tout le tétrabromfluoréthane a disparu, mais la transformation du difluortribrométhane en dérivé trifluoré est encore très incomplète. Le remplacement du deuxième atome de brome dans le tétrabromfluoréthane se fait beaucoup plus difficilement que celui du premier. Après huit jours, il n'est pas encore complet.

J'ai recommencé la réaction à plusieurs reprises, en opérant pendant des temps plus ou moins longs; douze jours de chauffe ininterrompue ne suffisent pas pour amener une transformation totale du fluorure d'antimoine.

La température à laquelle on chauffe a aussi une influence sur la durée de la réaction : celle-ci ne se fait qu'avec une extrême lenteur à 120°; j'ai maintenu pendant huit jours du tribromdifluoréthane avec du fluorure d'antimoine et du brome entre 115° et 120°, et n'ai pas obtenu plus d'un dixième de la quantité théorique de dérivé trifluoré. D'autre part, quand on chauffe au-dessus de 140°, on rend l'ébullition du liquide trop forte et la condensation du brome dans le réfrigérant se fait mal.

La séparation des différents produits de la réaction se fait par distillation. Je fixe un déphlegmateur sur la tubulure supérieure de l'appareil en platine et, chauffant à feu nu, je recueille tout ce qui distille au-dessous de 160°.

Le liquide condensé est un mélange de brome, de trifluordibrométhane, de tribromdifluoréthane et d'un peu de bromure d'antimoine entraîné. Il reste dans l'appareil de platine un mélange de bromure d'antimoine et une petite quantité de fluorure d'antimoine non transformé.

Le distillat est secoué avec une solution glacée de sulfite de sodium à laquelle j'ai ajouté un peu d'acide tartrique. J'absorbe ainsi le brome et l'antimoine. L'addition de la solution de sulfite doit se faire par petites portions, afin d'éviter une trop forte élévation de température. Après décantation, le produit est lavé avec une solution très étendue de soude caustique, séché sur du chlorure de calcium et distillé. La distillation commence à 75° et le thermomètre se fixe entre 75° et 80°, puis monte lentement à 90°. Je recueille séparément cette première portion du distillat. Entre 90° et 135°, la température d'ébullition monte rapidement, et il ne distille que peu de liquide. Je recueille encore séparément ce qui passe au-dessus de 135°. A partir de cette température, l'ascension thermométrique est lente. Tout distille au-dessous de 150°.

En rectifiant au Lebel la portion bouillant entre 75° et 90°, je sépare du trifluordibrométhane pur qui bout à 76°,5 sous 760 millimètres de pression (*).

---

(*) Dans ma précédente communication, j'avais assigné au trifluordibrométhane un point d'ébullition de 82°. La petite quantité de matière que j'avais obtenue ne me permit pas de déterminer convenablement cette constante physique.

Le liquide qui distille entre 135° et 150° fournit du tribromdifluoréthane à la rectification. Les portions à point d'ébullition intermédiaire, rectifiées, donnent encore une certaine quantité de l'un et l'autre des deux dérivés fluobromés.

Voici les résultats d'une opération : 140 grammes de tétrabromfluoréthane, chauffés avec du fluorure d'antimoine et du brome pendant huit jours à 130°, ont donné 55 grammes de trifluordibrométhane, 30 grammes de difluortribrométhane purs, et 20 grammes de produits à point d'ébullition non fixe.

Le trifluordibrométhane est un liquide incolore d'une odeur agréable, très volatil. Il ne se congèle pas à —78°. Sa densité à 14° est de 2.25405. Son indice de réfraction pour la raie D est de 1.41447 à 14°, ce qui lui assigne une réfraction moléculaire égale à 26.815, calculée par la formule de Lorenz.

Il est insoluble dans l'eau, il jaunit légèrement à la lumière. Il n'attaque le verre qu'à une température élevée et n'est pas combustible. L'acide nitrique fumant est sans action sur lui.

Soumis à l'action réductrice de la poussière de zinc, il perd du brome et se transforme en un corps gazeux, le trifluoréthylène $C_2Fl_3H$. La réaction se produit avec une notable élévation de température et peut devenir tumultueuse. Il en résulte que le zinc doit être introduit par petites portions, et comme le produit de la réaction est gazeux, il faut employer des dispositions spéciales si l'on veut obtenir le trifluoréthylène exempt d'air.

Le procédé opératoire auquel je me suis arrêté, après différents essais, est le suivant :

Le trifluordibrométhane est dissous dans trois fois son

poids d'alcool et introduit dans le ballon à deux tubulures A (fig. 1). Le bouchon qui ferme le col du ballon est traversé par la tubulure d'un gros robinet à cuvette R, qui sert à l'introduction de la poussière de zinc, et par un tube à robinet *r*, qui plonge jusque dans le liquide.

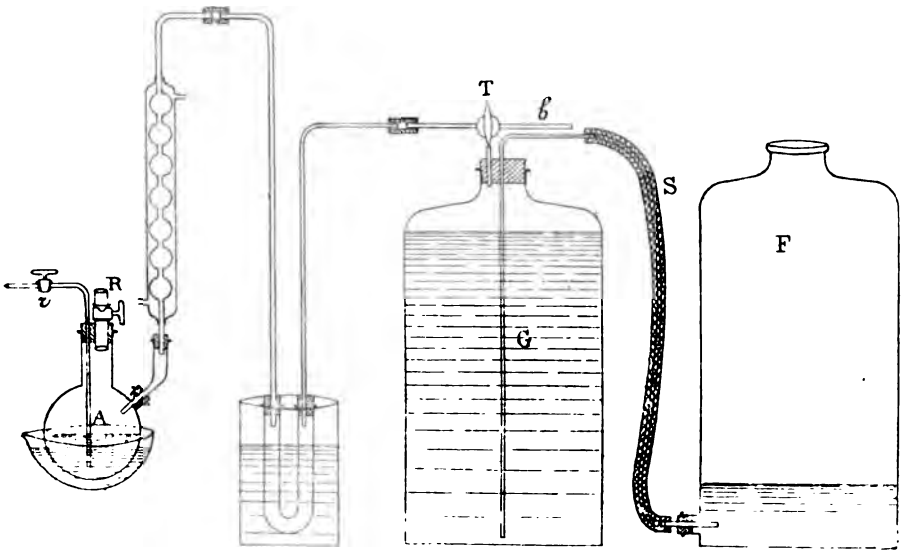



Fig. 1.

La tubulure latérale du ballon porte un tube coudé relié à un réfrigérant à boules, qui condense les vapeurs de trifluordibrométhane et d'alcool entraînées. Pour retenir complètement celles-ci, je fais suivre le réfrigérant d'un tube en U plongeant dans un mélange réfrigérant donnant —25°. A sa sortie du tube en U, le gaz est dirigé dans un gazomètre G. Celui-ci est un grand flacon de 10 litres dont le bouchon porte un robinet à trois

voies T, disposé comme l'indique la figure. Le gazomètre est complètement rempli d'une solution à 10 % de soude caustique, privée d'air par ébullition. Cette solution peut s'écouler par le tube siphon S dans le flacon-réservoir T.

Je balaie d'abord tout l'air de l'appareil à l'aide d'un courant d'anhydride carbonique pur que je lance par le tube *r*. Le robinet T est disposé de manière que le gaz s'échappe par la branche *b*. Quand le gaz carbonique sort pur, j'interromps le courant et je tourne la clef du robinet de manière à mettre le gazomètre en communication avec le reste de l'appareil.

J'introduis alors progressivement le zinkstaub à l'aide du robinet à cuvette. La réaction qui se produit est assez vive; je la modère au besoin en immergeant le ballon dans de l'eau glacée. Après chaque addition de zinc, le ballon doit être vivement secoué. Quand l'addition du zinc ne produit plus aucune réaction, j'attends une heure, puis je fais bouillir l'alcool pour chasser le gaz dissous, et enfin je déplace celui-ci par un courant d'anhydride carbonique.

Le gazomètre contient un mélange de trifluoréthylène et de gaz carbonique. Le robinet T est tourné de manière à interrompre la communication avec le gazomètre, et ce dernier est abandonné à lui-même pendant vingt-quatre heures. L'anhydride carbonique est peu à peu absorbé par la soude. 100 grammes de trifluordibrométhane donnent environ 8 litres de trifluoréthylène brut.

Pour purifier ce corps, je le liquéfie. Le gaz, refoulé hors du gazomètre, passe d'abord à travers un tube à potasse caustique fondue, puis dans un tube contenant de l'acide sulfurique, ensuite dans un troisième tube en U refroidi à — 25°, et de là dans l'appareil à liquéfaction.

Celui-ci est représenté par la figure 2, qui dispense de toute description. L'étranglement E permet de sceller le tube à la lampe après la liquéfaction. Le refroidissement nécessaire est obtenu en plongeant le tube à liquéfaction dans une éprouvette contenant un mélange d'acide carbonique solide et d'éther donnant — 79°. Le gaz qui pourrait échapper à la liquéfaction est dirigé, après passage à travers un tube en U contenant de l'acide sulfurique concentré, dans un gazomètre semblable à celui de la figure 1.

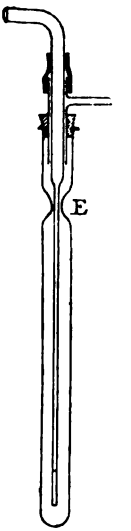


FIG. 2.

Avant de commencer la liquéfaction, je remplis les tubes en U et le tube condensateur d'azote pur et sec. Le trifluoréthylène est ensuite déplacé lentement du gazomètre. J'obtiens une condensation presque complète.

L'opération achevée, le tube contenant le gaz liquéfié est scellé à la lampe (*).

Pour analyser le produit ainsi purifié, j'en ai rempli par déplacement un ballon de Chancel taré. Celui-ci avait été au préalable rempli d'azote.

La combustion se fit en entrainant le gaz par un courant d'azote dans l'appareil à combustion. Après avoir lancé dans le ballon de Chancel environ six fois son volume d'azote, je remplaçai le courant de ce gaz par un courant d'air pur et sec.

---

(*) Cette opération peut se faire tout en maintenant le tube dans le mélange d'éther et d'acide carbonique, sans qu'on doive craindre l'inflammation de l'éther.

J'ai trouvé ainsi que

0gr,465 de substance ont donné 0gr,4999 $CO_2$,

soit 0gr,1636 $CO_2$ ou 29.32 °/.,

et 0gr,0491 $H_2O$, soit 0gr,00544 H ou 1.18 °/..

| | Calculé pour $CFl_2H$. | Trouvé. |
|---|---|---|
| C | 29.18 °/. | 29.32 °/. |
| H | 1.22 °/. | 1.18 °/. |

Le trifluoréthylène est un gaz incolore, d'une odeur peu prononcée. Il fixe lentement l'oxygène de l'air en se transformant en fluorure acide et prend alors une odeur irritante.

J'en ai déterminé la densité dans un ballon de Chancel; trois déterminations m'ont donné comme résultats 2.81, 2.83, 2.88, soit en moyenne 2.84, ce qui correspond à un poids moléculaire de 82.07. Le poids moléculaire théorique est 82.15.

Il bout à — 51° sous la pression atmosphérique; sa température d'ébullition a été déterminée à l'aide d'un thermomètre au toluol. A + 5°, il ne se liquéfie pas sous 4 atmosphères de pression.

J'ai établi sa densité à l'état liquide à — 78° en opérant de la manière suivante. Le gaz fut liquéfié dans un tube présentant deux étranglements, l'un à quelques centimètres du fond, l'autre à la partie supérieure. Le tube plongeait dans un mélange de neige carbonique et

d'éther. Quand le gaz liquéfié eut atteint le niveau de l'étranglement inférieur, le tube fut scellé à l'étranglement supérieur et le niveau du liquide fut marqué à l'aide d'un trait. Le tube fut pesé, puis ouvert et vidé. Je pesai derechef le tube vide et j'établis la jauge de l'espace occupé par le liquide à l'aide de mercure. J'ai trouvé ainsi une densité de 1.26.

Le trifluoréthylène n'attaque pas le verre à froid, si ce n'est à la longue, au contact de l'air humide, grâce à sa transformation en fluorure acide. Au rouge, le verre est fortement attaqué et le fluoréthylène se décompose avec dépôt de charbon.

La chaux le détruit au rouge naissant avec incandescence. Il se produit du charbon, de l'eau, du fluorure de calcium et de l'anhydride carbonique.

Il se laisse absorber par le brome : il y a reformation de trifluordibrométhane ; cette union au brome se fait avec élévation notable de température.

Le trifluoréthylène peut être considéré comme insoluble dans l'eau ; l'alcool le dissout mieux : un volume d'alcool dissout à 21° 5.6 volumes de trifluoréthylène ; l'éther en dissout dix fois son volume à la même température.

L'alcoolate de sodium et la potasse alcoolique réagissent déjà à froid sur le trifluordibrométhane. Je devais m'attendre à la production de trifluorbrométhylène, par enlèvement d'acide bromhydrique. Or ce dérivé éthylénique était probablement gazeux à la température ordinaire, son point d'ébullition devant être d'environ 70° inférieur à celui du dibromdifluoréthylène, qui bout à 73°.

J'ai en conséquence opéré dans un appareil à peu près semblable à celui qui m'a servi à la préparation du trifluoréthylène. Je le modifiai en intercalant entre le tube en U et le gazomètre le tube que j'ai décrit plus haut pour la liquéfaction du trifluoréthylène. Dans ce tube, qui plongeait dans un mélange réfrigérant donnant — 25°, devait se liquéfier le produit gazeux que je comptais obtenir. Ce tube était relié aux autres pièces de l'appareil par deux tubes à acide sulfurique, pour retenir l'humidité.

Le robinet à cuvette du ballon A fut remplacé par un entonnoir à robinet dont la tubulure plongeait jusqu'au fond du ballon. Le tube en U suivant le réfrigérant ascendant n'était plus plongé dans un mélange réfrigérant, mais dans de l'eau glacée.

Le trifluordibrométhane fut dissous dans deux fois son poids d'alcool et versé dans le ballon. L'air fut ensuite complètement balayé de l'appareil par un courant d'anhydride carbonique. Ce résultat obtenu, je laissai couler assez rapidement dans le ballon une quantité calculée d'alcoolate de sodium dissous dans dix fois son poids d'alcool. La réaction se produisit immédiatement, mais le dégagement gazeux fut peu abondant. Après introduction de tout l'alcoolate, je chauffai au bain-marie à 90° pendant une heure environ; l'alcool entrant en ébullition, la production de gaz devint un peu plus importante.

J'arrêtai l'opération et je balayai les gaz contenus dans l'appareil par un courant d'anhydride carbonique.

Le gaz produit s'était liquéfié en presque totalité dans le tube à condensation, qui fut scellé à la lampe; mais la quantité de liquide que j'obtins ainsi n'était

guère importante. Je n'en recueillis que 10 grammes aux dépens de 80 grammes de trifluordibrométhane mis en œuvre.

Le gazomètre contenait environ un demi-litre de gaz; en outre, une petite quantité de liquide s'était condensée dans le tube en U suivant le réfrigérant à reflux.

Le contenu du ballon fut distillé jusqu'à siccité au bain de glycérine. Tout le liquide passa à la distillation entre 75° et 80°.

En le traitant par l'eau salée, j'en précipitai un liquide insoluble dans l'eau, qui fut séparé à l'entonnoir à robinet, lavé à plusieurs reprises à l'eau pour lui enlever l'alcool, séché sur du chlorure de calcium et distillé.

A une première distillation, il passa un peu de liquide entre 80° et 100°, mais la moyenne partie du produit distille entre 100° et 110°. En rectifiant cette deuxième portion du distillat au Lebel, je parvins à séparer un corps bouillant entre 105° et 107°, qu'une troisième rectification me permit d'obtenir absolument pur. Il bout alors à 106°,5 sous 760 millimètres de pression.

En rectifiant le liquide distillant au-dessous de 100°, je parvins à extraire encore une certaine quantité de cette substance, ainsi que 6 grammes de trifluordibrométhane inaltéré et 5 grammes de liquide à point d'ébullition non fixe, passant de 78° à 105°.

J'obtins en tout 40 grammes de produit bouillant de 105° à 107°.

Ce corps n'était pas un dérivé éthylénique, car il ne s'unissait pas au brome; j'ai supposé qu'il s'était produit

une substitution du brome par l'oxéthyle, avec formation d'éther trifluobromé :

$$C_2Fl_3BrH - OC_2H_5.$$

L'analyse a confirmé ces prévisions.

0gr,7639 de substance ont donné 0gr,6383 $CO_2$,
soit 0gr,1741 C ou 22.79 °/o,
et 0gr,1094 $H_2O$, soit 0gr,01215 H ou 2.90°/o.

0gr,896 de substance ont donné 0gr,7474 $CO_2$,
soit 0gr,20384 C ou 22.75 °/o,
et 0gr,2312 $H_2O$, soit 0gr,02569 H ou 2.84 °/o.

0gr,313 de substance ont donné 0gr,2831 AgBr,
soit 0gr,120478 Br ou 38.68 °/o.

| Calculé pour $C_4H_6Fl_3BrO$. | | Trouvé. |
|---|---|---|
| C | 23.17 °/o | 22.79 — 22.75 °/o |
| H | 2.89 °/o | 2.90 — 2.84 °/o |
| Br | 38.64 °/o | 38.68 °/o |

Le trifluorbrométher est un liquide incolore, peu réfringent, très mobile, d'une odeur agréable, non irritante. Sa densité à 10°,5 est de 1.6121.

Son indice de réfraction pour la lumière du sodium est de 1.37938 à la même température, ce qui lui donne pour réfraction moléculaire 29.965.

Sa densité de vapeur a été prise par le procédé d'Hofmann à 100°.

J'ai trouvé :

| Poids de substance. | Température. | Volume en c. c. | Pression en millimètres de Hg (réduite à 0°). | Densité. | Poids moléculaire déduit. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0gr,0592 | 100° | 59cc,1 | 111.3 | 7.2 | 208.1 |

Le poids moléculaire théorique est 207.

L'histoire chimique de ce corps sera faite ultérieurement.

Le gaz liquéfié que j'avais obtenu en même temps que l'éther trifluobromé fut purifié par distillation.

Après avoir refroidi le tube qui le contenait à —30°, je l'ouvris et après section au niveau du calibre normal, je fixai dessus un bouchon portant un très petit appareil déphlegmateur à boules, lequel était relié à un appareil à condensation identique à celui de la figure 2.

Le déphlegmateur était muni d'un thermomètre pouvant donner la température d'ébullition, et pour éviter de fausser les indications du thermomètre, j'ai opéré la distillation, la température de l'air entourant le déphlegmateur étant de — 4°.

En plongeant le tube contenant le gaz liquéfié dans l'eau à 0°, j'obtins une ébullition lente du liquide qui distilla à — 2°,5.

La moyenne partie du produit passa à cette tempéra-

ture; il resta un faible résidu que je séparai dès que le thermomètre monta au-dessus de — 2°. Ce résidu, qui ne possédait pas de température d'ébullition fixe, distilla en partie entre 0° et 10°. Il ne resta alors qu'une très minime quantité de liquide qui était probablement un peu de trifluordibrométhane inaltéré, car il ne s'unissait pas au brome.

J'obtins environ 8 grammes de gaz ayant exactement le point de liquéfaction — 2°,5. J'observai déjà pendant la manipulation de ce corps, qu'il subissait de la part de l'air une oxydation rapide, aisément reconnaissable à la production d'une odeur forte et irritante, et à la corrosion du verre, indiquant la formation d'un fluorure acide.

J'aurai l'occasion de revenir plus loin sur ce phénomène d'oxydation, qui se produit avec une telle facilité que le maniement du gaz est des plus pénibles. On ne peut, à cause de cette propriété, le recueillir par déplacement d'air et on doit le travailler dans des appareils préalablement vides ou bien remplis d'anhydride carbonique ou d'azote.

J'en ai pris la densité au ballon de Chancel; celui-ci avait été évacué avant le remplissage à la pompe de Geissler. J'ai obtenu ainsi une densité de 5.70, correspondant à un poids moléculaire de 164, valeur qui se rapproche sensiblement du nombre 161, poids moléculaire théorique du trifluorbrométhylène.

J'y ai également dosé le carbone. A cet effet, j'en ai rempli un ballon de Chancel, taré et jaugé, et j'ai déplacé le trifluorbrométhylène par un courant d'azote pur et sec. Le mélange des deux gaz était envoyé directement dans le tube à combustion. Après avoir lancé dans le

ballon de Chancel environ six fois son volume d'azote, j'ai remplacé celui-ci par de l'air sec.

1gr,3814 de substance m'ont donné 0gr,6788 $CO_2$,
soit 0gr,1851 C ou 14.01 °/₀.

Calculé pour $C_2Br_3Fl$.

C = 14.81 °/₀.

Comme on le voit, la détermination de la densité, comme le dosage de carbone, ne donnent que des résultats approchés, qui n'atteignent pas toute l'exactitude désirable.

Le produit obtenu n'était donc pas rigoureusement pur. Il ne pouvait évidemment contenir qu'une impureté volatile, et je songeai d'abord à la présence d'une minime quantité de difluorbrométhylène $C_2Fl_2BrH$ qui se serait produit par enlèvement d'acide fluorhydrique au tribromdifluoréthane.

Pour rechercher la présence de ce corps, j'ai dissous du brome dans du chloroforme et j'y ai fait arriver du tribromfluoréthylène. Il se produisit une combinaison assez rapide, accompagnée d'une élévation sensible de température. La réaction marche surtout bien au soleil.

Le brome en excès fut enlevé par le sulfite de soude, puis, après dessiccation sur du chlorure de calcium, j'ai distillé le chloroforme au bain-marie. Il me resta un liquide incolore qui fut distillé à feu nu. J'obtins ainsi un produit bouillant entre 115° et 118°, et une petite quantité d'un résidu bouillant sans point d'ébullition fixe entre 120° et 160°. Ce résidu, évaporé lentement dans le

vide, abandonna des cristaux fondant entre 34° et 35°, possédant une odeur de camphre et aisément sublimables, mais dont je n'ai obtenu que trop peu pour pouvoir en faire l'analyse. Leurs propriétés sont celles du tétrabromdifluoréthane, et celui-ci ne pouvait évidemment être produit qu'aux dépens du difluordibrométhylène.

J'ai obtenu le même tétrabromdifluoréthane, en minime quantité, par l'action du brome sur le produit condensé dans le tube en U qui suit le réfrigérant ascendant, dans l'appareil servant à la préparation du trifluorbrométhylène.

Il se produit par conséquent un peu de difluorbrométhylène dans la réaction de l'alcoolate de sodium sur le dibromtrifluoréthane. Il devait donc y avoir du fluorure de sodium dans le résidu salin de la réaction.

J'ai analysé ce résidu. J'y ai trouvé 23gr,052 de brome et 0gr,1241 de fluor. Il y a donc réaction du côté fluoré de la molécule de trifluorbrométhane, mais ce phénomène est tout à fait secondaire.

Il se trouvait encore une autre impureté dans le trifluorbrométhylène. C'était probablement un peu de trifluordibrométhane, car, quand j'en fis la combustion, j'observai que la boule du tube de Volhardt se recouvrait d'une légère rosée, preuve qu'il existait un composé hydrogéné dans le produit. Le tube en U plongeant dans la glace ne suffit sans doute pas à retenir le trifluordibrométhane, qui est entraîné par le trifluorbrométhylène.

J'ai essayé, en modifiant les concentrations des solutions d'alcoolate et de trifluordibrométhane, de faire varier les quantités relatives d'éther trifluobromé et de trifluorbrométhylène, mais sans résultat bien appréciable. Les rendements en éthylène trifluobromé ne sont pas meil-

leurs quand on remplace l'alcoolate de sodium par la potasse ou la soude alcoolique. Le produit principal est toujours du trifluorbrométher.

En effet, la transformation complète de 75 grammes de trifluordibrométhane en dérivé éthylénique devrait donner 50 grammes de trifluorbrométhylène, et je n'en obtiens que 10 grammes.

La trop faible quantité d'éthylène que j'avais obtenue ne me permettait pas des purifications répétées; pour me procurer ce corps en quantité plus forte, j'ai essayé l'action d'un mélange d'acétate et de carbonate de potassium sur une dissolution alcoolique de trifluordibrométhane.

Deux molécules d'acétate de potassium fondu et une molécule de carbonate de potassium furent introduites dans le ballon de l'appareil déjà décrit. J'y ajoutai une quantité d'alcool égale au double du poids de trifluordibrométhane à mettre en œuvre. Après avoir balayé l'air de l'appareil à l'aide d'un courant d'anhydride carbonique, je laissai arriver goutte à goutte dans le ballon, à l'aide de l'entonnoir à robinet, une dissolution d'une molécule de trifluordibrométhane dans son poids d'alcool. A froid, il ne se produisit aucune réaction. Je chauffai alors progressivement au bain-marie. A 60°, la réaction commence, mais elle ne devient importante qu'à la température d'ébullition de l'alcool et est alors assez vive. Il y a production abondante de gaz et il peut être nécessaire de refroidir le ballon pour éviter une réaction tumultueuse. Aussi ne faut-il ajouter l'éthane trifluordibromé que par petites portions.

En ne provoquant pas de dégagement trop rapide, on assure d'ailleurs une liquéfaction plus facile.

Comme le gaz se dégage mélangé d'anhydride carbonique, sa condensation est beaucoup moins parfaite que quand on le prépare à l'aide de l'alcoolate de sodium, et une bonne partie du produit passe dans le gazomètre.

Après addition de tout l'éthane fluobromé, je maintins l'ébullition de l'alcool jusqu'à ce que tout dégagement gazeux eût cessé, puis je déplaçai le gaz contenu dans l'appareil par un courant lent d'anhydride carbonique.

Je scellai alors le tube à liquéfaction, je fermai le gazomètre et j'attendis vingt-quatre heures pour permettre à la soude d'absorber tout l'anhydride carbonique, puis je liquéfiai le gaz restant en l'envoyant dans un tube à condensation, après l'avoir desséché par un passage à travers un tube en U contenant de l'anhydride phosphorique. Un deuxième gazomètre, placé à la sortie de l'appareil à liquéfaction, servait à récolter les petites quantités de gaz qui eussent échappé à la condensation. Avec un bon mélange réfrigérant, maintenant le tube à — 25°, cette portion est minime.

On peut liquéfier directement tout le produit pendant la préparation, en refroidissant à l'aide d'acide carbonique solide et d'éther, mais ce procédé présente des inconvénients; à cette basse température, le trifluorbrométhylène dissout une partie de l'anhydride carbonique qui se dégage en même temps que lui, et quand on retire le tube du mélange réfrigérant, on voit l'anhydride carbonique se dégager.

On n'obtient donc pas un produit pur.

Le rendement en trifluorbrométhylène est bien meilleur que dans la préparation par l'alcoolate de sodium : 100 grammes de trifluordibrométhane donnent 40 à 50 grammes de gaz liquéfié.

J'ai distillé le résidu contenu dans le ballon; il ne renfermait qu'un peu de trifluordibrométhane inaltéré; je n'ai pas obtenu d'éther trifluobromé. Il ne se produit pas non plus de réaction du côté fluoré de la molécule; le résidu solide ne contenait en fait de sels haloïdes que du bromure de potassium.

Le produit brut fut soumis à plusieurs volatilisations et liquéfactions successives pour le purifier. J'en pris ensuite la densité. Je la trouvai égale à 5.67, 5.65.

L'analyse m'a donné également des résultats concordant avec ceux du produit obtenu aux dépens de l'alcoolate de sodium : deux dosages de carbone m'ont donné 14.13 % et 14.16 % de carbone, c'est-à-dire des valeurs un peu trop faibles.

J'ai obtenu un produit tout à fait pur par le procédé suivant :

Le tribromfluoréthylène brut fut transformé en trifluortribrométhylène par union au brome. Ce tribromtrifluoréthylène bout à 117° et s'obtient à un degré de pureté absolu par rectification.

Comme il est beaucoup moins volatil que le trifluordibrométhane, on peut le retenir plus aisément dans des appareils de condensation.

Je l'ai réduit par le zinc en fil en présence de l'alcool. La poussière de zinc donne lieu à une réaction trop violente. L'appareil qui servit à l'opération est celui qui m'a servi dans les autres préparations.

Dans le ballon, j'introduisis le zinc en fil et 100 grammes d'alcool et, après avoir rempli l'appareil d'anhydride carbonique, j'y fis couler peu à peu une solution alcoolique de trifluortribrométhane. La réaction est très lente et très régulière; elle s'active quand on chauffe

doucement le ballon au bain-marie. Après introduction de tout l'éthane fluobromé, j'ai chauffé jusqu'à ébullition de l'alcool pour chasser le trifluorbrométhylène dissous.

Le gaz ainsi préparé et liquéfié m'a donné à l'analyse une teneur de 14.61 % de carbone; sa densité était de 5.580. La densité théorique est 5.569.

Le trifluorbrométhylène est un gaz incolore se liquéfiant facilement à — 15° quand il n'est pas mélangé de gaz étrangers. Il bout à — 2°,5. Sa densité à l'état liquide a été déterminée de la même manière que celle du trifluoréthylène; elle est de 1.89 à — 18°.

Il est presque insoluble dans l'eau et l'acide sulfurique. Par contre, il est très soluble dans l'alcool; celui-ci en dissout trente fois son volume à + 18°. Le chloroforme le dissout encore mieux; il en absorbe cinquante fois son volume à la même température. Il est également très soluble dans l'éther.

Il s'oxyde avec une facilité sans égale chez les éthylènes substitués. Dès qu'on le met au contact de l'air, on observe la formation d'un fluorure acide, comme le démontre la corrosion du verre, si l'air est humide. Cette oxydation est si vive qu'elle peut prendre des allures explosives.

Dans une expérience, j'avais introduit 100 centimètres cubes de gaz trifluorbrométhylène dans un gazomètre à mercure de Bunsen. J'y ajoutai 50 centimètres cubes d'oxygène, puis je fis entrer dans le gazomètre 2 centimètres cubes d'une solution concentrée de soude caustique pour absorber le produit d'oxydation. Pendant les premières secondes, je n'observai aucun changement de volume, mais après quelques instants, il se produisit d'abord une augmentation très rapide de volume, puis une explosion accompagnée d'un phénomène lumineux

très brillant, et l'appareil, malgré sa solidité et la présence d'un tube manométrique ouvert, vola en éclats.

Dans une autre expérience, je secouai une solution alcoolique de trifluorbrométhylène dans un ballon contenant de l'oxygène. Il y eut de nouveau une explosion. J'observai en même temps une production de charbon (*).

Il est à remarquer que l'union violente de l'oxygène au trifluorbrométhylène ne se produit pas instantanément; la réaction a besoin d'un certain temps pour s'amorcer d'elle-même. Il se produit probablement d'abord une union lente qui dégage progressivement assez de chaleur pour provoquer l'élévation de température suffisante à la réaction vive.

En présence d'un gaz inerte, comme l'azote, la combinaison est moins violente; un mélange d'air et de trifluorbrométhylène peut cependant encore faire explosion quand on opère sur des quantités un peu fortes de gaz.

L'étude plus détaillée de ce remarquable phénomène d'oxydation sera poursuivie. J'ajouterai cependant encore que quand l'oxydation se produit en présence de l'alcool, il se forme de l'acide fluorhydrique; on reconnaît en même temps qu'il se produit un éther possédant l'odeur de menthe caractéristique des éthers dérivant des acides acétiques trihalogénés.

La chaux décompose le trifluorbrométhylène au rouge

---

(*) Je ferai remarquer incidemment que la solution alcoolique de trifluorbrométhylène est la meilleure forme pour manier ce corps intéressant; il suffit, en effet, d'y ajouter de l'eau pour mettre l'éthylène en liberté; mais cette solution doit toujours être conservée dans des flacons contenant une atmosphère d'azote ou d'anhydride carbonique.

sombre. Il y a une vive incandescence, et il se forme du charbon, de l'anhydride carbonique, du fluorure et du bromure de calcium.

Quand on verse du brome refroidi à 0° dans du trifluorbrométhylène liquide maintenu à —15°, il se produit une réaction très vive qui fait perdre la majeure partie du produit par projection.

On réalise la combinaison du brome au trifluoréthylène dans des conditions beaucoup plus avantageuses, en ajoutant goutte à goutte du brome, en quantité calculée, à une solution chloroformique de trifluorbrométhylène.

La réaction marche encore très bien quand on fait arriver le gaz trifluorbrométhylène dans du brome, recouvert d'une couche d'eau, introduit dans un gros tube de Winkler.

L'union, qui se produit avec élévation marquée de température, est très avantageusement accélérée par l'insolation.

On enlève l'excès de brome par une solution froide de sulfite de sodium, on lave à l'eau, on sèche et on distille. A la première distillation, on obtient un liquide bouillant entre 100° et 120°, et qui, rectifié au Lebel, fournit un corps bouillant à 117° sous 768 millimètres de pression, sans traces de décomposition.

Je l'ai soumis à l'analyse :

0gr,3659 de substance ont donné 0gr,6343 AgBr,
soit 0gr,27081 Br ou 74.46 °/₀.

0gr,5181 de substance ont donné 0gr,1383 $CO_2$ ou 0gr,0378 C,
soit 7.32 °/₀.

| Calculé pour $C_2Br_2Fl_3$. | | Trouvé. |
|---|---|---|
| C | 7.47 °/₀ | 7.32 °/₀ |
| Br | 74.68 °/₀ | 74.46 °/₀ |

Le trifluortribrométhane est un liquide incolore, d'une odeur camphrée. Il bout sans traces de dissociation à 117°. Sa densité est de 2.56656 à 7°; son indice de réfraction pour la lumière du sodium, de 1.4666. Sa réfraction moléculaire est donc de 34.649.

Il y a une densité de vapeur normale à 100°. Celle-ci a été déterminée par le procédé d'Hofmann.

| Poids de substance. | Température. | Pression barométrique en millimètres de Hg (réduite à 0°). | Volume. | Densité. | Poids moléculaire déduit. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0gr,1063 | 100° | 132.4 | 58cc,9 | 10.96 | 316.5 |

Poids moléculaire théorique, 320.4.

Le trifluortribrométhane commence à se décomposer par la chaleur à 330°, avec production de brome et de trifluorbrométhane, quand on chauffe sa vapeur en tubes ouverts. Le trifluorbrométhylène formé s'oxyde immédiatement, et l'on constate la production d'un fluorure acide.

L'acide nitrique fumant attaque le tribromtrifluoréthane à chaud, avec mise en liberté de brome.

Pour terminer l'histoire du trifluordibrométhane, je dirai que ce corps se forme aussi par l'action du brome sur le difluordibrométhane, quand on chauffe en tubes scellés à 180° en présence de l'iode.

J'avais essayé cette réaction dans le but d'obtenir du difluortribrométhane, afin d'établir si le produit qui se formerait était identique ou non au difluortribrométhane préparé aux dépens du tétrabromfluoréthane.

Le brome n'agit que très difficilement sur le difluordibrométhane. En chauffant des quantités équimoléculaires pendant quinze jours à 180°, je n'obtins pas une disparition complète du brome. Après enlèvement du brome et de l'iode par le sulfite de sodium, je soumis le produit à la distillation fractionnée.

J'obtins ainsi un liquide bouillant à 76°,5, du dibromdifluoréthane inaltéré, un autre liquide distillant à 145°,5, et un résidu solide cristallin.

Le produit distillant à 76°,5 était du trifluordibrométhane. En déterminant son indice de réfraction et sa densité, je le trouvai absolument identique à l'éthane trifluodibromé obtenu aux dépens du tétrabromfluoréthane.

Le liquide bouillant à 145°,5 est du difluortribrométhane. Son indice de réfraction est le même que celui du dérivé obtenu aux dépens du tétrabromfluoréthane. Quant au résidu cristallin, il contient du pentabromfluoréthane et du tétrabromdifluoréthane.

Cette réaction du brome sur le difluordibrométhane ne peut rien nous apprendre sur la constitution de ce dérivé fluobromé, car la formation du pentabromfluoréthane et du trifluordibrométhane prouve évidemment qu'il y a des transpositions qui s'accomplissent entre le brome et le fluor.

La constitution du trifluordibrométhane peut être établie avec certitude.

Dans ma deuxième communication, j'ai indiqué deux formules possibles à ce corps :

| I. | II. |
|---|---|
| $CBrFl_2$ | $CBr_2Fl$ |
| \| | \| |
| $CHBrFl$ | $CHFl_2$ |

La formule II doit être rejetée, car un corps de cette formule devrait donner du difluorbrométhylène sous l'action du zinc.

La formule I est donc démontrée par l'action du zinc, qui donne du trifluoréthylène, et par la reformation d'un trifluordibrométhane identique au produit initial quand on ajoute du brome au trifluoréthylène.

Quant au trifluorbrométhylène, il n'a qu'une formule possible :

$$\begin{array}{l} CBrFl \\ \| \\ CFl_2, \end{array}$$

et le trifluortribrométhane qui en dérive ne peut être que

$$\begin{array}{l} CBr_2Fl \\ CFl_2Br. \end{array}$$

La formule de l'éther trifluobromé ne peut pas encore être établie.

Les réactions des éthanes que je viens de décrire et qui portent plusieurs atomes de fluor au même atome de carbone, montrent que j'étais en droit, comme je l'ai fait dans ma première communication, d'admettre l'analogie entre les dérivés fluobromés et chlorobromés, dans leur manière de se comporter vis-à-vis du zinc. Pour établir la formule du difluordibrométhane, j'avais, en effet, admis que le zinc n'enlève que du brome quand celui-ci est uni

aux deux atomes de carbone de l'éthane. Sabanejeff avait démontré qu'il en est ainsi pour les dérivés chlorobromés; qu'un enlèvement de chlore et de brome ne se produit que quand un des deux atomes de carbone ne porte que du chlore.

L'action du zinc sur le trifluordibrométhane et sur le trifluortribrométhane prouve que les dérivés fluobromés de l'éthane se comportent absolument comme leurs congénères chlorobromés, et que l'assimilation que j'avais faite entre eux, assimilation fondée sur l'ensemble de mes recherches sur le fluor, était justifiée.

Les formules que j'ai assignées aux différents composés fluobromés que j'ai décrits dans les deux précédentes communications se trouvent donc pleinement confirmées par le présent travail, et le difluordibrométhane, point de départ de tous les dérivés que j'ai obtenus, est bien dissymétrique.

Si nous observons les points d'ébullition des produits obtenus, nous remarquons que le trifluordibrométhane bout à 76°,5; le difluortribrométhane à 145°; différence : 68°,5.

Le trifluordibrométhane bout à 117°; le tétrabromdifluoréthane à 186°; différence : 69°.

Le tribromfluoréthylène bout à — 2°,5; le dibromdifluoréthylène à 73°; différence : 75°,5.

Le trifluoréthylène bout à 51°; le difluorbrométhylène à + 19°; différence : 70°.

Nous remarquerons que la formation des dérivés trifluorés de l'éthane aux dépens des dérivés difluobromés, produit une chute de la température d'ébullition de 69° environ, c'est-à-dire un peu plus forte que la valeur moyenne, 64°, que j'avais trouvée quand on passe d'un éthane monofluoré et bromé au dérivé bifluoré.

Cet abaissement reste au contraire voisin de 72° pour les éthylènes trifluorés, c'est-à-dire de la valeur déjà trouvée.

L'accumulation du fluor dans la molécule n'a, en tout cas, pas d'influence bien sensible sur la variation du point d'ébullition quand on remplace le brome par le fluor.

On ne constate pas non plus que l'introduction successive de plusieurs atomes de fluor dans la molécule, ait pour effet de faire varier la grandeur de la réfraction atomique de cet élément. J'avais déjà fait observer ce point à propos de la réfraction moléculaire du trifluortoluol et de ses dérivés (*).

Le petit tableau suivant montre que dans les dérivés trifluorés de l'éthane, la réfraction atomique conserve la même valeur que celle que j'avais trouvée précédemment et qui est égale à 1.08 en moyenne.

| Substance. | Réfraction moléculaire $\frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} \times \frac{m}{a}$. | Réfraction atomique du fluor. |
|---|---|---|
| $C_2Fl_3Br_2H$. . . . . | 26.815 | 1.082 |
| $C_2Fl_3Br_3$ . . . . . | 34.649 | 1.123 |
| $C_2Fl_3BrOC_2H_5$ . . . . . | 29.965 | 1.137 |

(*) *Sur quelques dérivés fluorés du toluol.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXXV, p. 417.)

*Changements dans la composition d'une masse gazeuse injectée dans le tissu cellulaire sous-cutané;* par Léon Plumier, étudiant en médecine, à Liége.

## § I. — *Historique.*

A. Rodet et J. Nicolas (*) ont constaté que si l'on injecte de l'anhydride carbonique dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un Chien et que l'on retire, après un temps plus ou moins long, le gaz injecté, le gaz retiré n'est plus de l'anhydride carbonique pur, mais un mélange d'anhydride carbonique, d'oxygène et d'azote. L'oxygène et l'azote que l'on constate dans le mélange gazeux retiré, proviennent des gaz du sang. En effet, une masse gazeuse épanchée dans les tissus tend à se mettre en équilibre de tension avec les gaz du sang, recevant de celui-ci les gaz qu'elle ne contient pas ou qu'elle contient sous une tension plus faible que celle qu'ils possèdent dans le sang, cédant au contraire au sang les gaz qui se trouvent dans la masse gazeuse épanchée sous une tension supérieure à celle qu'ils ont dans le sang.

La tension de l'oxygène du mélange retiré varie beaucoup, et, dans deux de leurs expériences, les auteurs cités

---

(*) A. Rodet et J. Nicolas, *Recherches expérimentales sur les modifications subies par une masse gazeuse injectée dans les tissus* (Archives de physiologie, 1898, pp. 28-38).

trouvent pour ce gaz des tensions supérieures à celles qu'il possède dans l'air atmosphérique et atteignant 23.70 et 25 % d'une atmosphère.

En présence de ces deux résultats, les auteurs se demandent si l'on ne doit pas admettre la théorie de Bohr, d'après laquelle le poumon jouerait un rôle actif dans l'absorption de l'oxygène par le sang : d'où la possibilité de rencontrer dans le sang de l'oxygène sous une tension supérieure à celle que ce gaz possède dans l'air atmosphérique.

On sait que les physiologistes admettent généralement la théorie de Pflüger et de ses élèves, d'après laquelle le poumon n'aurait pas une fonction glandulaire, les échanges gazeux entre l'air des alvéoles pulmonaires et le sang veineux d'une part, entre le sang artériel et les tissus d'autre part, se faisant suivant les lois physiques de la diffusion des gaz.

Léon Fredericq (*) admet que la tension de l'oxygène dans le sang artériel du Chien est voisine de 12 à 14 % d'une atmosphère. Or dans le tissu cellulaire sous-cutané circulent du sang artériel et du sang veineux ; donc la tension de l'oxygène épanché dans ce tissu devrait être inférieure à 12 % d'une atmosphère.

A. Rodet et J. Nicolas, dans le travail cité plus haut, firent également des injections d'air atmosphérique dans le tissu cellulaire sous-cutané et dans la cavité péritonéale du Chien. Dans ces expériences, ils virent toujours la ten-

---

(*) Léon Fredericq, *Sur la tension des gaz du sang artériel et la théorie des échanges gazeux de la respiration pulmonaire* (Travaux du laboratoire, t. IV, 1893-1895, pp. 42-56).

sion de l'oxygène s'abaisser et tomber même jusqu'à 4.54 % d'une atmosphère.

Dans un travail antérieur (*), ces deux auteurs firent des injections d'air et d'anhydride carbonique dans la cavité pleurale du Chien. Jamais, dans ces expériences, la tension de l'oxygène du mélange retiré ne dépassa la tension que ce gaz possède dans l'air atmosphérique, sauf dans une expérience pendant laquelle le Chien respirait de l'oxygène pur. Or on sait (**) que lorsqu'un animal respire de l'oxygène sous forte tension, la tension de l'oxygène de son sang augmente.

A. Rodet et J. Nicolas pensent que les faibles tensions que possédait l'oxygène du mélange retiré du corps de l'animal dans la plupart de leurs expériences ne diminuent pas la valeur des deux expériences dans lesquelles l'oxygène du mélange retiré avait une tension dépassant celle que ce gaz possède dans l'air atmosphérique. En effet, disent-ils, dans la plupart de nos expériences, une partie de l'oxygène du mélange épanché dans les tissus a pu être absorbée par la respiration des éléments des tissus.

Sertoli (***), dans un travail qu'il entreprit bien avant celui de A. Rodet et J. Nicolas, a fait des injections d'air atmosphérique dans la cavité péritonéale du Lapin. Il

---

(*) A. Rodet et J. Nicolas, *Sur le pneumothorax expérimental* (Archives de physiologie, 1896, pp. 640-654).

(**) Léon Fredericq, *Loc. cit.*

(***) Sertoli, *Ueber die Bindung der Kohlensäure im Blute und ihre Ausscheidung in der Lunge.* — Hoppe-Seyler, *Medicinisch-chemische Untersuchungen.* Berlin, 1866, pp. 350-365.

retirait le gaz injecté après des temps variables, et le gaz retiré contenait toujours de l'oxygène, de l'anhydride carbonique et de l'azote. La tension de l'oxygène du mélange retiré de l'animal était toujours inférieure à la tension de l'oxygène de l'air atmosphérique. La tension de l'anhydride carbonique était voisine de 6 ou 7 °/₀ d'une atmosphère, sauf dans une expérience, où elle atteignait 11 °/₀ d'une atmosphère.

Strassburger (*) fit des injections d'air atmosphérique dans une partie de l'intestin grêle du Chien qu'il avait isolée par deux ligatures. Dans ces expériences, il vit la tension de l'oxygène du mélange retiré atteindre des valeurs variant entre 3.25 et 13.44 °/₀ d'une atmosphère. La tension de l'anhydride carbonique était toujours voisine de 7 °/₀ d'une atmosphère, sauf dans une seule expérience, où elle atteignait 9.45 °/₀ d'une atmosphère. Les expériences de cet auteur avaient une durée variant d'une demi-heure à deux heures trois quarts.

Werigo (**) croit qu'il n'est pas nécessaire, pour expliquer les fortes tensions d'oxygène que l'on observe parfois lors des injections d'anhydride carbonique, de recourir à la théorie de Bohr. Il croit avoir démontré (***)

---

(*) STRASSBURGER, *Die Topographie der Gasspannungen im thierischen Organismus* (ARCHIV FÜR DIE GESAMMTE PHYSIOLOGIE, Bd VI, 1872, pp. 65-96).

(**) B. WERIGO, *Quelques remarques relatives au mémoire de A. Rodet et J. Nicolas* (ARCHIVES DE PHYSIOLOGIE, 1896, p. 610).

(***) B. WERIGO, *Zur Frage über die Wirkung des Sauerstoffs auf die Kohlensäureausscheidung in den Lungen* (ARCHIV FÜR DIE GESAMMTE PHYSIOLOGIE, Bd LI, 1892).

que l'anhydride carbonique se combine à l'hémoglobine du sang et que l'oxygène chasse ce gaz de sa combinaison. Il suffit d'admettre, dit-il, que l'anhydride carbonique, lorsqu'il se trouve sous une très forte tension, est capable à son tour de chasser l'oxygène de sa combinaison avec l'hémoglobine. On aura ainsi l'explication des résultats si curieux trouvés par A. Rodet et J. Nicolas. Ceci n'est du reste qu'une simple hypothèse émise par Werigo, et cet auteur n'a pas fait d'expériences prouvant que l'anhydride carbonique peut chasser l'oxygène de sa combinaison avec l'hémoglobine.

Il nous a paru intéressant de rechercher si les fortes tensions d'oxygène signalées par A. Rodet et J. Nicolas existent réellement et, dans ce cas, d'en rechercher la cause.

## § II. — *Procédé opératoire.*

Nous opérons sur des Chiens dont le poids n'est jamais inférieur à 12 kilogrammes et atteint parfois 20, 25 et même 30 kilogrammes. Ces animaux sont anesthésiés par une injection sous-cutanée d'une solution à 2 % de chlorhydrate de morphine, à raison de 1 centigramme par kilogramme d'animal. Lorsque cela est nécessaire, on leur fait respirer un peu de chloroforme pendant l'expérience.

Les gros Chiens sont préférables aux Chiens moyens : ils fournissent une plus grande quantité de gaz pour l'analyse et permettent de faire durer l'expérience plus longtemps.

L'anhydride carbonique est préparé au moyen d'un appareil de Kipp. Pour l'injecter, on relie l'appareil de Kipp à une canule en verre à pointe mousse. La canule présente près de son extrémité effilée deux ou trois petits orifices latéraux, et un rétrécissement situé à 10 centimètres de la pointe. L'extrémité non effilée est munie d'un tube en caoutchouc portant une pince à pression.

La canule est enfoncée sous la peau de l'animal par un petit orifice pratiqué avec la pointe d'un scalpel. Elle est ensuite fortement assujettie au moyen d'une ligature faite au niveau de son rétrécissement et pratiquée de façon à avoir un bourrelet cutané au-dessus de la ligature. Pour rendre la fermeture plus hermétique encore, on enduit le bourrelet cutané de vaseline.

Avant de relier la canule à l'appareil de Kipp, on s'assure que celui-ci est complètement purgé d'air, en faisant arriver un échantillon du gaz qui en sort dans une pipette contenant une solution concentrée de potasse. Si ce gaz est bien de l'anhydride carbonique pur, il est complètement absorbé par la potasse.

Pendant qu'on fixe la canule à l'appareil de Kipp et à l'animal, l'appareil continue à fonctionner. On voit alors le gaz former une tumeur sous la peau qu'il soulève fortement. Suivant l'endroit choisi pour l'injection, le gaz diffuse rapidement ou reste limité à un endroit du corps. Il est pourtant à remarquer qu'il ne se répand jamais que d'un côté du corps et qu'il ne dépasse que rarement l'insertion du diaphragme.

Après différents essais, nous avons choisi, pour faire l'injection, la peau de l'abdomen d'un des deux côtés de la ligne blanche. Le gaz se répand alors dans le tissu cel-

lulaire sous-cutané d'une moitié de l'abdomen, de la moitié du dos et de la cuisse correspondante; parfois, mais rarement, dans le tissu cellulaire sous-cutané du thorax.

Nous injectons toujours une forte quantité de gaz, variant avec la taille du Chien, mais ne tombant jamais au-dessous d'un litre et demi. Lorsqu'il s'agit d'anhydride carbonique surtout, il est nécessaire d'injecter beaucoup de gaz, car ce gaz se résorbe très rapidement, et, après un temps variant entre une et deux heures, il a complètement disparu.

L'injection étant faite, on ferme la pince à pression placée sur le tube en caoutchouc attenant à la canule, et on attend le temps désiré.

On extrait ensuite le gaz au moyen d'un petit aspirateur ou pompe à mercure.

L'aspirateur se compose de deux flacons en verre A et B, présentant chacun une tubulure latérale greffée près de leur fond. Cette tubulure sert à les relier l'un à l'autre par un tube en caoutchouc épais. L'extrémité supérieure du vase A est reliée par un tube en caoutchouc à un tube en verre en T. La branche inférieure du tube en T porte un tube en caoutchouc avec pince à pression et une canule en verre.

Les deux vases A et B sont à moitié remplis de mercure.

Pour extraire le gaz du corps de l'animal, on fixe la canule en verre de la pompe à mercure dans le tube en caoutchouc porté par la canule restée fixée à l'animal. On élève ensuite le récipient B de façon que le mercure remplisse en entier le vase A et le reste de l'appareil.

L'air s'échappe par la partie ouverte du tube en T. Lorsque l'appareil ne contient plus une seule bulle d'air, on ferme la pince. On abaisse alors le récipient B de façon à établir une légère dépression dans l'appareil et on ouvre la pince de la canule restée fixée à l'animal. Le gaz contenu dans le tissu cellulaire sous-cutané pénètre alors dans le récipient A. Lorsqu'il reste peu de gaz, il est nécessaire de pratiquer des massages, combinés de façon à amener le gaz contenu dans le tissu cellulaire sous-cutané au niveau de la canule. Lorsque l'on a suffisamment de gaz, on ferme la pince *p'*.

Le gaz contenu dans le récipient A est ensuite analysé au moyen des pipettes et burettes de Hempel, mais on a bien soin que l'air ne pénètre pas dans les burettes en même temps que le gaz à analyser.

Les burettes sont remplies de mercure au lieu d'eau, afin que la composition du mélange gazeux ne s'altère pas par dissolution de l'anhydride carbonique dans l'eau des burettes.

Pour absorber l'anhydride carbonique, on se sert d'une pipette contenant une solution concentrée de potasse. Pour absorber l'oxygène, on se sert soit d'une pipette contenant des bâtons de phosphore, soit d'une pipette contenant une solution de pyrogallate de potassium. Cette dernière est employée lorsqu'on croit que le mélange gazeux à analyser renferme trop d'oxygène pour pouvoir être analysé au moyen de la pipette à phosphore.

Le pyrogallate de potassium, dont nous nous sommes servi, était toujours préparé de la façon suivante : On prend 100 centimètres cubes d'une solution aqueuse de potasse de densité 1.050, et on y ajoute 2gr,5 d'acide pyrogallique (procédé de Weyl).

## § III. — *Première série d'expériences et discussion des résultats obtenus.*

### Expérience I.

Dans toutes les expériences de cette série, on a injecté de l'anhydride carbonique pur dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Injection, dans le tissu sous-cutané d'un Chien de taille moyenne, d'anhydride carbonique pur. La canule est enfoncée sous la peau de l'abdomen. On voit l'énorme tumeur produite par l'injection diminuer peu à peu de volume. Après une heure, on retire facilement un mélange gazeux contenant :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 5.56 °/₀ | 3.53 °/₀ | 91.31 °/₀ |

### Expérience II.

L'injection se fait comme dans l'expérience I.
Durée de l'expérience : une heure et demie.
Extraction du gaz facile.
Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 7.76 °/₀ | 4.40 °/₀ | 88.84 °/₀ |

### Expérience III.

Gros Chien de 25 kilogrammes.
Injection d'une grande quantité de $CO_2$.

Durée de l'expérience : une heure et quinze minutes.
Extraction du gaz facile.
Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 13.20 °/. | 5.40 °/. | 81.40 °/. |

### Expérience IV.

Chien de taille moyenne.
Le gaz injecté s'absorbe rapidement.
Après une heure, on ne peut en retirer que 125 centimètres cubes.
Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 14.44 °/. | 5.81 °/. | 79.75 °/. |

### Expérience V.

Chien de taille moyenne.
Durée de l'expérience : une heure et quinze minutes.
Extraction du gaz facile.
Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 5.26 °/. | 2.62 °/. | 92.12 °/. |

### Expérience VI.

Chien de taille moyenne.
Injection d'une quantité modérée de $CO_2$.
Le gaz s'absorbe rapidement.

Après une heure, on ne peut extraire que 90 centimètres cubes de gaz.

Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 9.81 °/. | 4.54 °/. | 85.65 °/. |

### Expérience VII.

Chien de 12 kilogrammes.

Injection d'une quantité modérée de $CO_2$.

Durée de l'expérience : une heure et cinquante minutes.

On ne peut retirer que 125 centimètres cubes de gaz.

Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 21.66 °/. | 7.85 °/. | 70.49 °/. |

### Expérience VIII.

Le même Chien que dans l'expérience VII.

Injection d'une quantité assez considérable de $CO_2$.

Durée de l'expérience : une heure et quarante minutes.

On ne peut extraire que 90 centimètres cubes de gaz.

Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 22.03 °/. | 9.24 °/. | 68.73 °/. |

### Expérience IX.

Injection de $CO_2$ par canule enfoncée sous la peau de la région pectorale d'un Chien de taille moyenne. Le gaz se répand sous la peau jusque dans la cuisse du même côté.

Le gaz est absorbé beaucoup plus rapidement que d'habitude.

Après trente minutes, on ne peut retirer que 70 centimètres cubes de gaz.

Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 8.23 °/₀ | 5.69 °/₀ | 85.68 °/₀ |

### Expérience X.

Chien de taille moyenne.

Injection sous la peau de l'abdomen.

Absorption très rapide du gaz injecté.

Après cinquante minutes, le gaz a presque entièrement disparu ; on ne peut en retirer que 40 centimètres cubes.

Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 19.06 °/₀ | 14.78 °/₀ | 66.14 °/₀ |

### Expérience XI.

Immédiatement après l'expérience X, au même Chien, la canule étant restée en place, on fait une nouvelle injection de $CO_2$.

Le gaz s'absorbe de nouveau très rapidement.

Durée de l'expérience : une heure.

On ne peut retirer que 60 centimètres cubes de gaz.

Composition du mélange gazeux retiré :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 33.04 °/₀ | 19.22 °/₀ | 47.84 °/₀ |

Afin de permettre au lecteur de comparer plus facile-

ment les résultats obtenus dans les expériences de cette première série, nous allons les présenter sous forme de tableau.

*Tableau des expériences de la première série.*

| Numéro d'ordre. | Durée de l'expérience. | Quantité de gaz non résorbé à la fin de l'expérience. | Tension exprimée en °/₀ d'une atmosphère des différents gaz du mélange retiré. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | O. | N. | $CO_2$. |
| I. | 1 h. | + de 150cc | 5.36 | 3 33 | 91 31 |
| II. | 1 h. 30 m. | + de 150cc | 7.76 | 4.40 | 88.84 |
| III. | 1 h. 45 m. | + de 150cc | 13.20 | 5.40 | 81.40 |
| IV. | 1 h. | 125cc | 14.44 | 5.81 | 79.75 |
| V. | 1 h. 15 m. | + de 150cc | 5.26 | 2.62 | 92.12 |
| VI. | 1 h. | 90cc | 9.81 | 4 54 | 85.65 |
| VII. | 1 h. 50 m. | 125cc | 21.66 | 7.85 | 70.49 |
| VIII. | 1 h. 40 m. | 90cc | 22.03 | 9 24 | 68.73 |
| IX. | 30 m. | 70cc | 8.23 | 5.69 | 85.68 |
| X. | 50 m. | 40cc | 19.06 | 14.78 | 66.14 |
| XI. | 1 h. | 60cc | 33.04 | 19.22 | 47.84 |

Ce qui nous frappe d'abord dans ces expériences, c'est la grande rapidité avec laquelle l'anhydride carbonique injecté dans les tissus y est résorbé. Dans nos expériences, nous injectons toujours des quantités de gaz supérieures

à 1 $^1/_2$ litre et dépassant parfois 3 litres. Or, après une ou deux heures, ce gaz a presque complètement disparu; c'est à peine s'il en reste un peu plus de 150 centimètres cubes, parfois même beaucoup moins. Il nous est même arrivé plusieurs fois de voir le gaz complètement résorbé et de ne pas pouvoir en retirer du tout.

On remarque encore que l'anhydride carbonique injecté n'est jamais resté pur, mais que le gaz retiré est toujours un mélange d'oxygène, d'azote et d'anhydride carbonique.

L'oxygène et l'azote ne peuvent provenir que des gaz du sang. On ne peut, en effet, admettre une rentrée d'air le long de la canule ou un mélange du gaz extrait avec de l'air atmosphérique. Car s'il en était ainsi, la quantité d'azote trouvée à l'analyse devrait être quatre fois aussi considérable que la quantité d'oxygène. Or, dans nos expériences, on voit toujours que le mélange gazeux extrait à la fin de l'expérience du tissu cellulaire, contient moins d'azote que d'oxygène. Si, au contraire, on admet que cet oxygène et cet azote proviennent des gaz du sang, on comprend parfaitement que la proportion d'azote soit si faible.

En effet, l'azote du sang s'y trouve dissous et non combiné comme l'oxygène et l'anhydride carbonique. L'azote, étant peu soluble dans le sang, s'y trouve en très petite quantité.

Il est donc fort naturel que le sang, qui contient très peu d'azote, en fournisse très peu à la masse gazeuse épanchée dans les tissus.

Examinons maintenant la tension que possèdent, dans le mélange gazeux extrait du corps de l'animal à la fin de l'expérience, l'anhydride carbonique, l'azote et l'oxygène.

Nous voyons que l'anhydride carbonique possède toujours une très forte tension, variant entre 92.12 et 47.84 °/₀ d'une atmosphère. Ces chiffres prouvent que, malgré la rapidité avec laquelle ce gaz se résorbe, l'équilibre de tension avec l'anhydride carbonique du sang n'est pas établi. En effet, les auteurs admettent généralement que la tension de l'anhydride carbonique du sang veineux est voisine de 5 °/₀ d'une atmosphère.

Des expériences que nous avons faites et dont nous parlerons plus loin, nous prouvent que dans le tissu cellulaire sous-cutané, la tension de l'anhydride carbonique est généralement voisine de 7 °/₀ d'une atmosphère.

Si nous examinons les résultats obtenus pour l'azote, nous voyons que la tension de ce gaz est restée relativement faible dans toutes les expériences. Nous trouvons, en effet, pour la tension de ce gaz, des chiffres variant entre 2.62 et 19.12 °/₀ d'une atmosphère. Or l'azote du sang possède une tension voisine de celle que ce gaz possède dans l'atmosphère. Donc, pour l'azote, l'équilibre de tension avec les gaz du sang n'est pas plus établi que pour l'anhydride carbonique.

Voyons maintenant les résultats trouvés pour l'oxygène. Ici encore nous voyons des différences très notables d'une expérience à l'autre. La tension de ce gaz dans les mélanges gazeux retirés varie entre 5.26 et 33.04 °/₀ d'une atmosphère.

L'attention est spécialement attirée par les expériences VII, VIII et XI, dans lesquelles nous voyons la tension de l'oxygène s'élever respectivement à 21.66, 22.03 et 33.04 °/₀ d'une atmosphère, c'est-à-dire à une valeur supérieure à la valeur de la tension de l'oxygène de l'air atmosphérique, qui n'est que de 20.95 °/₀ d'une atmo-

sphère. Cette tension est notablement supérieure à celle de l'oxygène du sang artériel que Léon Fredericq a trouvé être comprise entre 12 et 14 °/₀ d'une atmosphère. Or le sang qui circule dans le tissu cellulaire sous-cutané est un mélange de sang artériel et de sang veineux ; par conséquent, la tension de l'oxygène d'un mélange gazeux ayant séjourné dans ce tissu devrait être inférieure à 12 °/₀ d'une atmosphère.

Les résultats des expériences VII, VIII et XI sont à rapprocher des résultats trouvés par A. Rodet et J. Nicolas dans deux de leurs expériences (voir l'historique). Mais est-il nécessaire, pour expliquer ces résultats, d'admettre la théorie de Bohr ou même l'hypothèse de Werigo ? Nous ne le pensons pas, et voici, d'après nous, comment les choses se passent lorsque l'on injecte de l'anhydride carbonique pur dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Ce gaz étant en contact avec les capillaires sanguins, tend à se mettre en équilibre de tension avec les gaz du sang. Il y a donc dégagement d'oxygène et d'azote, et absorption d'anhydride carbonique.

Mais ce dernier gaz étant très soluble dans le sang, grâce surtout à l'alcalinité de celui-ci, est beaucoup plus rapidement absorbé que l'oxygène et l'azote ne sont dégagés. La preuve que les choses se passent bien ainsi réside dans ce fait que l'épanchement gazeux diminue très rapidement de volume et finit par disparaître complètement. Cette manière de voir est en outre d'accord avec la loi de Dalton, d'après laquelle l'équilibre de tension entre un gaz dissous dans un liquide et le même gaz situé à la surface du liquide, se fait d'autant plus rapidement que le gaz est plus soluble dans le liquide.

Prenons maintenant comme exemple l'expérience VIII. On a fait une forte injection d'anhydride carbonique (certainement 2 litres) dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un Chien.

Dès le début de l'expérience, le sang cède de l'oxygène et de l'azote à l'atmosphère artificiellement constituée dans le tissu et absorbe de l'anhydride carbonique. Après une heure, l'anhydride carbonique s'étant en partie résorbé, il ne reste plus qu'un litre de gaz dans les tissus, et ce gaz contient, supposons 2 °/₀ (*) d'oxygène, soit 20 centimètres cubes. L'anhydride carbonique continue ensuite à être résorbé rapidement, de sorte que l'oxygène, tout en augmentant très peu, se trouve bientôt en très forte quantité dans le mélange gazeux contenu dans les tissus. A la fin de l'expérience, qui a duré une heure quarante minutes, il ne reste plus que 90 centimètres cubes de gaz dans les tissus, et les 20 centimètres cubes d'oxygène s'y trouvent sous une tension de 22 °/₀ d'une atmosphère.

On objectera peut-être que, dès que la tension de l'oxygène du mélange gazeux épanché dans les tissus dépasse la tension de l'oxygène du sang, la quantité d'oxygène qui se trouve dans les tissus tend à se résorber; mais il faut remarquer que cette résorption se fait très lentement, alors que la résorption de l'anhydride carbonique se fait très rapidement.

---

(*) Ce chiffre de 2 °/₀ n'est pas pris au hasard, car nous avons fait des injections d'azote dont nous parlerons plus loin, et, dans ce cas, après une heure, le gaz renfermé dans les tissus contenait environ 2 °/₀ d'oxygène.

Donc, les résultats des expériences VII, VIII et IX, ainsi que les résultats des expériences de A. Rodet et J. Nicolas, peuvent parfaitement s'expliquer sans recourir à la théorie de Bohr ou à l'hypothèse de Werigo.

Nous avons pourtant voulu appuyer notre manière de voir sur d'autres expériences, et, à cet effet, nous avons fait celles décrites dans le paragraphe suivant.

## § IV. — *Seconde série d'expériences et discussion des résultats obtenus.*

Toutes les expériences de cette série portent encore sur le tissu cellulaire sous-cutané du Chien. Mais nous injectons, au lieu d'anhydride carbonique, soit un mélange d'oxygène, d'azote et d'anhydride carbonique, soit de l'air atmosphérique, soit de l'azote pur.

Nous préparons le mélange gazeux à injecter dans un grand sac en caoutchouc. Nous analysons le mélange, puis nous relions le sac à la canule à injection. Nous laissons alors s'échapper une partie du gaz contenu dans le sac par la canule, afin de purger celle-ci de l'air qu'elle pourrait contenir. Nous enfonçons ensuite la canule sous la peau de l'animal, nous la fixons, et nous injectons le mélange en exerçant une légère pression sur le sac en caoutchouc.

Dans ces expériences, comme la résorption du gaz injecté se fait beaucoup plus lentement, grâce à la présence d'oxygène et d'azote, nous avons pu prendre des échantillons du gaz séjournant dans les tissus à différents

moments de l'expérience. Nous faisons, par exemple, une première prise de gaz après une heure, une seconde après deux heures, et ainsi de suite pendant plusieurs heures. Dans un certain nombre d'expériences, nous avons laissé séjourner le gaz un jour et plus dans les tissus. Dans ce cas, nous ne laissons pas la canule fixée à l'animal, mais nous l'enlevons, en ayant soin de ne pas laisser échapper de gaz, et nous refermons la boutonnière pratiquée dans la peau au moyen d'un point de suture. Grâce à un léger exsudat qui se forme au niveau de la plaie, la fermeture est hermétique.

Pour extraire le gaz lorsque la canule a été enlevée, nous nous y prenons de la façon suivante. La canule à injection est fixée à la petite pompe à mercure décrite plus haut, et on la fixe solidement. On fait quelques massages pour amener le gaz répandu dans les tissus au niveau de la canule, et on extrait comme d'habitude.

### Expérience XII.

Chien de taille moyenne.
Injection d'un mélange riche en $CO_2$ et en O.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange. | Au moment de l'injection. | 24.70 % | 5.27 % | 70.03 % |
| | 1 h. 35 m. après. | 61.08 | 16.28 | 22.64 |

## Expérience XIII.

Très grand Chien.

Injection d'un mélange gazeux riche en oxygène et en anhydride carbonique.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | Au moment de l'injection. | 50.00 °/o | 7.37 °/o | 42.63 °/o |
| | 1 h. 30 m. après. | 63.72 | 10.26 | 26.02 |
| | 3 h. après l'injection. | 73.88 | 12.76 | 13.36 |
| | 25 h. après l'injection. | 14.25 | 78.06 | 7.69 |

## Expérience XIV.

Même Chien que pour l'expérience XIII; l'injection se fait de l'autre côté du corps.

Injection d'air atmosphérique.

Dix-huit heures après l'injection, le gaz qui reste dans les tissus présente la composition suivante :

| O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|
| 6.88 °/o | 86.79 °/o | 6.33 °/o |

## Expérience XV.

Chien mâle, 19 kilogrammes.

Injection d'une forte quantité d'un mélange gazeux contenant de l'oxygène, de l'anhydride carbonique et de l'azote.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | Au moment de l'injection. | 28.92 °/o | 33.05 °/o | 38.63 °/o |
| | 2 h. 30 m. après l'injection. | 36.15 | 46.11 | 17.74 |
| | 4 h. 30 m. après l'injection. | 36.71 | 53.60 | 9.69 |
| | 28 h. après l'injection. | 7.67 | 84.86 | 7.47 |

## Expérience XVI.

Le même Chien que pour l'expérience XV.

Injection d'air atmosphérique de l'autre côté du corps.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | 46 h. 30 m. après l'injection. | 6.24 °/o | 86.47 °/o | 7.29 °/o |
| | 6 jours après l'injection. | 4.76 | 88.10 | 7.14 |

## Expérience XVII.

Chien de 12 kilogrammes.

Injection d'une forte quantité d'un mélange gazeux contenant O, N et $CO_2$.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | Au moment de l'injection. | 20.14 °/o | 35.47 °/o | 44.39 °/o |
| | 1 h. après l'injection. | 22.15 | 42.49 | 35.36 |
| | 2 h. après l'injection. | 25.05 | 48.30 | 26.65 |
| | 4 h. après l'injection. | 27.08 | 57.28 | 15.64 |
| | 6 h. après l'injection. | 26.72 | 63 13 | 10.15 |

## Expérience XVIII.

Le même Chien que dans l'expérience précédente.

Injection d'air atmosphérique.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | 1 h. après l'injection. | 18.37 °/o | 76.69 °/o | 4.74 °/o |
| | 3 h. 15 m. après l'injection. | 17.92 | 75.72 | 6.36 |
| | 28 h. après l'injection. | 7.22 | 86.12 | 6.66 |

### Expérience XIX.

Chien femelle de 25 kilogrammes.

Injection d'azote pur préparé en chauffant un mélange composé de huit parties de $NaNO_2$ pour cinq parties de $H_4NCl$ et vingt parties d'eau distillée.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | 2 h. après l'injection. | 2.66 °/o | 92.81 °/o | 4.53 °/o |
| | 3 h. 30 m. après l'injection. | 4.12 | 90.79 | 5.09 |
| | 5 h. après l'injection. | 4.65 | 89.68 | 5.67 |
| | 24 h. après l'injection. | 6 63 | 88.07 | 5.30 |

### Expérience XX.

Chien mâle de 12 kilogrammes.

Injection d'azote, comme dans l'expérience XIX.

| | | O. | N. | $CO_2$. |
|---|---|---|---|---|
| Composition du mélange gazeux. | 1 h. après l'injection. | 1.65 °/o | 93.49 °/o | 4.86 °/o |
| | 2 h. après l'injection. | 2.52 | 87.98 | 9.50 |
| | 18 h. après l'injection. | 6.11 | 87.23 | 6.66 |

Il résulte tout d'abord de ces expériences que l'oxygène et l'azote, injectés dans le tissu cellulaire sous-cutané, se résorbent beaucoup moins rapidement que l'anhydride carbonique injecté dans le même tissu, puisque nous avons pu faire durer certaines des expériences de cette seconde série plusieurs jours, alors que, lorsque nous injections de l'anhydride carbonique pur, la durée de l'expérience ne pouvait jamais excéder deux heures. Pourtant ces gaz finissent par être résorbés complètement.

Le gaz ou le mélange gazeux injecté dans les tissus ne garde jamais sa composition primitive, mais il tend à se mettre en équilibre de tension avec les gaz du sang. Si l'on a injecté de l'air atmosphérique pur, il y a dégagement d'anhydride carbonique et absorption d'oxygène. Dans l'expérience XVIII, par exemple, expérience où l'on a fait une injection d'air atmosphérique, nous voyons que, déjà après une heure, le gaz contenu dans les tissus renferme 4.94 °/₀ d'anhydride carbonique et 18.37 °/₀ seulement d'oxygène. Si l'on injecte de l'azote, comme dans l'expérience XX, il y a dégagement d'oxygène et d'anhydride carbonique, et l'on remarque que le dégagement d'anhydride carbonique est beaucoup plus rapide que le dégagement d'oxygène, puisque, après une heure de séjour dans les tissus, le gaz y renfermé ne contient que 1.65 °/₀ d'oxygène, alors qu'il renferme 4.86 °/₀ d'anhydride carbonique. Si nous examinons maintenant les résultats fournis par les expériences dans lesquelles nous avons injecté des mélanges d'oxygène, d'anhydride carbonique et d'azote, nous voyons toujours que la tension de l'oxygène augmente au début de l'expé-

rience, diminue ensuite et finit même, lorsque l'expérience a une durée suffisante, par atteindre des chiffres relativement bas. Dans l'expérience XIII, par exemple, la tension de l'oxygène, qui était au début de 50 °/₀ d'une atmosphère, s'élève à 73.88 °/₀, pour tomber ensuite à 14.75 °/₀ d'une atmosphère. Quant à la tension de l'anhydride carbonique, elle diminue dès le début de l'expérience.

Remarquons que pendant les premières heures de l'expérience, le volume de la tumeur produite par l'injection du gaz sous la peau diminue rapidement; plus tard, au contraire, la diminution de volume est très lente. Cette augmentation de la tension de l'oxygène et cette diminution du volume de la tumeur sont dues à la dissolution rapide de l'anhydride carbonique dans le sang. Plus tard, lorsque la tension de l'anhydride carbonique du mélange injecté est à peu près en équilibre de tension avec l'anhydride carbonique du sang, on voit la tension de l'oxygène diminuer, et la résorption du gaz se faire d'une façon beaucoup plus lente.

Les résultats de ces expériences sont donc parfaitement d'accord avec l'hypothèse que nous avons émise plus haut pour expliquer les fortes tensions d'oxygène que l'on trouve parfois, lorsqu'on injecte de l'anhydride carbonique pur dans le tissu cellulaire sous-cutané. Ces expériences prouvent, en effet, que l'anhydride carbonique peut, grâce à sa rapide résorption, élever, pour un moment, la tension de l'oxygène d'un mélange gazeux injecté dans les tissus. Nous sommes persuadé que ces phénomènes sont simplement dus à la solubilité de l'anhydride carbonique dans le sang, et nous pensons que

l'on obtiendrait les mêmes résultats si l'on remplaçait l'anhydride carbonique par de l'acide sulfhydrique ($H_2S$) ou un autre gaz très soluble dans le plasma sanguin.

Arrêtons-nous maintenant aux chiffres trouvés dans les expériences de cette seconde série, et voyons les renseignements qu'ils peuvent nous fournir sur la tension des gaz du sang. Pour cela, nous ne devons nous adresser qu'aux expériences ayant eu une longue durée, car dans les autres, l'équilibre de tension entre les gaz injectés et les gaz du sang n'est pas établi.

Et d'abord, pour l'oxygène, nous voyons que la tension de ce gaz a atteint, à la fin des différentes expériences, des valeurs variant entre 4.76 et 7.67 °/₀ d'une atmosphère.

Le chiffre 4.76 est pourtant une exception, et tous les autres chiffres sont supérieurs à 6.

Nous devons donc admettre que la tension de l'oxygène du sang circulant dans le tissu cellulaire sous-cutané est généralement comprise entre 6 et 8 °/₀ d'une atmosphère, mais que cette valeur peut varier d'un animal à l'autre et chez le même animal.

La tension de l'anhydride carbonique a atteint, à la fin des différentes expériences, des valeurs variant entre 5.30 et 7.69 °/₀ d'une atmosphère. Par conséquent, la tension de l'anhydride carbonique du sang circulant dans le tissu cellulaire sous-cutané est comprise entre 5 et 8 °/₀ d'une atmosphère.

Mais ici encore nous devons admettre que cette tension peut varier, et la preuve nous en est fournie par l'expérience XX, dans laquelle la tension de l'anhydride carbonique, après s'être élevée à 9.50 °/₀ d'une atmosphère, redescend ensuite à 6.66 °/₀ d'une atmosphère.

Les chiffres relatifs à la tension de l'anhydride carbonique sont semblables à ceux trouvés par Sertoli et par Strassburger, et dont nous avons parlé dans l'introduction.

Quant à la tension de l'azote, nous la voyons toujours très élevée et supérieure à 80 °/₀ d'une atmosphère.

## § V. — *Conclusions.*

1. Les gaz injectés dans le tissu cellulaire sous-cutané du Chien se résorbent, et cela d'autant plus vite qu'ils sont plus solubles dans le sang.

2. Avant de se résorber, les gaz injectés dans ce tissu tendent à se mettre en équilibre de tension avec les gaz du sang, et cet équilibre de tension s'établit d'autant plus vite pour un gaz donné, que ce gaz est plus soluble dans le sang.

3. La tension de l'oxygène du sang circulant dans le tissu cellulaire sous-cutané du Chien est généralement comprise entre 6 et 8 °/₀ d'une atmosphère.

La tension de l'anhydride carbonique dans les mêmes conditions est généralement comprise entre 5 et 8 °/₀ d'une atmosphère.

La tension de l'azote dans les mêmes conditions est supérieure à 80 °/₀ d'une atmosphère.

4. Lorsque l'on injecte dans le tissu cellulaire sous-cutané du Chien de l'anhydride carbonique pur ou un mélange gazeux renfermant une forte proportion d'anhydride carbonique et de l'oxygène, on peut voir la tension de l'oxygène du mélange gazeux renfermé dans les tissus

présenter passagèrement une valeur supérieure à celle de la tension de l'oxygène de l'air atmosphérique. Cette tension ne correspond nullement à la tension de l'oxygène du sang. Elle est due à ce que l'anhydride carbonique injecté dans les tissus se résorbe plus rapidement que l'oxygène.

(Travail de l'Institut de physiologie
de l'Université de Liége.)

—

*Sur certaines oscillations périodiques de la pression sanguine;* par H. Rulot, étudiant en médecine, à Liége.

Si l'on enregistre chez un Lapin la pression artérielle au moyen d'un manomètre à mercure fixé dans le bout central d'une carotide, on recueille des courbes sur lesquelles on distinguera des oscillations périodiques de trois ordres. Les plus petites et les plus fréquentes correspondent aux pulsations cardiaques. Ces *oscillations cardiaques,* ou *de premier ordre,* se groupent elles-mêmes pour former des oscillations plus longues, isochrones avec les mouvements respiratoires. Chacune de ces *oscillations respiratoires,* ou *de second ordre,* présente une portion descendante, correspondant à peu près chez le Lapin à l'inspiration, et une portion ascendante, coïncidant avec l'expiration, comme il est facile de s'en assurer par l'inscription simultanée de la respiration et de la pression sanguine. A cet effet, une canule en T est fixée dans la trachée de l'animal; l'une des branches du T communique par un tube en caoutchouc, large et court, avec

l'intérieur d'une grande bouteille (capacité : 6 litres au moins) contenant de l'air, qui est reliée d'autre part à un tambour à levier, chargé d'enregistrer la courbe respiratoire en regard de celle de la pression sanguine. Les deux plumes écrivent en même temps sur le papier enfumé du grand appareil enregistreur de Hering.

Dans beaucoup de cas, les ondulations respiratoires de la pression sanguine se groupent elles-mêmes en *oscillations de troisième ordre,* appelées fréquemment *oscillations de Sigm. Mayer* (1) ou oscillations vaso-motrices. Un certain nombre de physiologistes, Latschenberger et Deahna (2), Cyon (3) et d'autres, les désignent sous le nom de *courbes de Traube-Hering*. Cette dernière dénomination doit être rejetée; les oscillations de pression artérielle décrites spécialement par Traube (4) et par Hering (5) correspondent chacune à *un seul* mouvement respiratoire [Hering et L. Fredericq (6)]. Ce sont des oscillations

---

(1) SIGM. MAYER, *Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe.* Abth. V. *Ueber spontane Blutdruckschwankungen* (SITZUNGSBER. DER WIENER AK., Bd 74, Abth. III, Oct. 1876).

(2) LATSCHENBERGER et DEAHNA, *Beiträge zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässmuskeln* (PFLÜGER'S ARCHIV, Bd XII, pp. 157-204, 1876).

(3) CYON, *Zur Physiologie des Gefässnervencentrums* (PFLÜGER'S ARCHIV, Bd IX).

(4) TRAUBE, *Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie*, Berlin 1871, p. 387.

(5) HERING, *Ueber den Einfluss der Athembewegungen auf dem Kreislauf* (Ie Mittheilung). — *Ueber Athembewegungen des Gefässsystems* (SITZUNGSBER. DER WIENER AK., Bd 60, Abth. II, Dec. 1869).

(6) LÉON FREDERICQ, *De l'influence de la respiration sur la circulation. Les oscillations de la pression artérielle chez le Chien* (ARCHIVES DE BIOLOGIE, t. III, 1882, pp. 55-100).

de second ordre, qui ne peuvent être confondues avec les oscillations de troisième ordre ou de Sigm. Mayer.

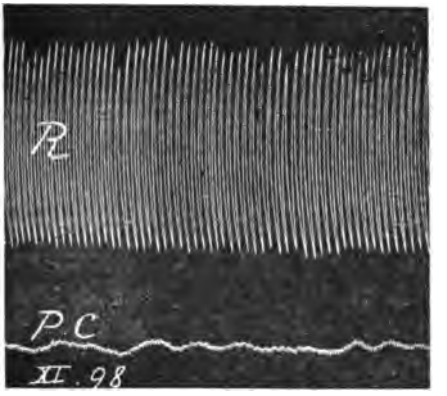



Fig. 1. — Graphique de la respiration, R, et de la pression sanguine, P. C., chez le Lapin. — Respiration périodique et variations concomitantes de la pression sanguine.

A quelle cause faut-il attribuer les oscillations de Sigm. Mayer ou de troisième ordre ?

Les physiologistes sont en général d'accord pour admettre qu'elles sont d'origine vaso-motrice et dues à un resserrement (portion ascendante de chaque oscillation de troisième ordre) et à une dilatation alternatifs, (portion descendante de chaque oscillation des petits vaisseaux).

Dans un travail antérieur, fait en commun avec M. L. Cuvelier (1), nous avions été frappés d'une particularité de

(1) H. Rulot et L. Cuvelier. *L'anhydride carbonique est-il un excitant pour les centres respiratoires?* (Archives de biologie, t. XV, 1897).

ces courbes que nous croyions nouvelle. Si l'on compare attentivement la courbe de la pression sanguine et le tracé de la respiration enregistré au moyen du procédé de la bouteille, on observe fréquemment dans cette dernière des variations périodiques dans l'amplitude des mouvements respiratoires (respiration périodique de Mosso) dont le rythme correspond exactement à celui des courbes de pression artérielle de troisième ordre. Cette particularité, nous l'ignorions à ce moment, avait déjà été signalée par Knoll (1).

Knoll attribue les variations périodiques du rythme respiratoire et les oscillations concomitantes de la pression sanguine (oscillations vaso-motrices ou de troisième ordre) à une action réflexe, agissant à la fois sur les deux centres nerveux de la moelle allongée qui tiennent respectivement sous leur dépendance les mouvements respiratoires (centre respiratoire) et les mouvements des vaisseaux (centre vaso-moteur). Ces centres seraient donc excités par voie réflexe : le point de départ du réflexe associé devrait, d'après Knoll, être cherché dans des excitations tactiles de la peau, notamment dans les conditions anormales de malaise dans lesquelles se trouvent les animaux fixés sur le support de Czermak. Ces oscillations de troisième ordre de la pression sanguine (oscillations vaso-motrices) disparaîtraient notamment chez les animaux profondément endormis par le chloral, ainsi que les périodes de la respiration.

Knoll n'a pas donné de preuves directes de son interprétation, et l'on pouvait se demander si le phénomène

---

(1) Knoll, *Ueber periodische Athmungs- und Blutdruckschwankungen* (Sitzungsber. der Wiener Ak., Bd XCII, Abth. III, 1885, pp. 439-460).

de l'association des oscillations vasculaires de troisième ordre et des variations périodiques du rythme respiratoire, n'était pas susceptible d'autres interprétations.

Les oscillations de troisième ordre de la pression sanguine ne pouvaient-elles, par exemple, dépendre d'une action mécanique directe des excursions du thorax, sans que nécessairement les vaso-moteurs intervinssent? D'autres hypothèses encore sont possibles pour expliquer l'isochronisme des courbes de pression artérielle et de respiration.

C'est dans le but d'élucider la relation qui peut exister entres ces deux phénomènes que nous avons entrepris une série d'expériences d'inscription simultanée de la pression sanguine et des mouvements respiratoires chez le Lapin, avec ou sans anesthésie, avant et après l'ouverture du thorax, avant et après la section de la moelle cervico-dorsale à différents niveaux, etc.

D'abord, il est exact que la respiration peut être rendue absolument régulière, et perdre son caractère périodique sous l'influence de l'anesthésie ou de l'empoisonnement par le chloral. Mais, dans ce cas, les ondulations vaso-motrices de troisième ordre ne disparaîtront pas nécessairement, comme le montrent les figures 2 et 3.

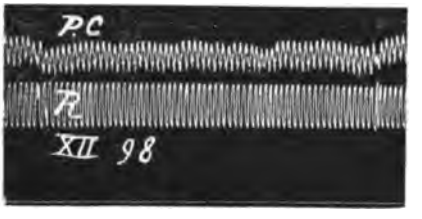



Fig. 2. — P. C., tracé de la pression carotidienne, et R, tracé respiratoire recueillis chez un Lapin profondément chloralisé.

On ne peut non plus soutenir avec Knoll que les ondulations de la pression artérielle de troisième ordre, ainsi que la respiration périodique, sont dues à la gêne de l'animal résultant de sa fixation sur le support de

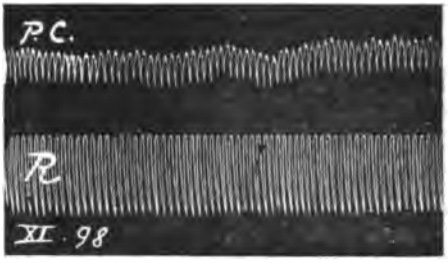



FIG. 3. — Pression carotidienne, P. C. Tracé respiratoire, R, chez un Lapin chloralisé.

Czermak, car on voit persister les deux phénomènes chez des animaux non attachés, simplement maintenus dans le chariot de Simon (voir fig. 4 et 5).

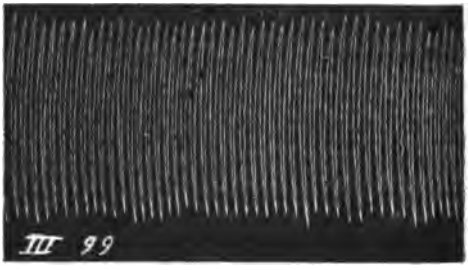



FIG. 4. — Tracé respiratoire pris chez un Lapin non attaché. Respiration périodique.

Une autre série d'expériences nous a montré aussi que les oscillations vaso-motrices ou de troisième ordre de la pression sanguine, ne pouvaient pas non plus être attribuées à l'action mécanique de la respiration périodique.

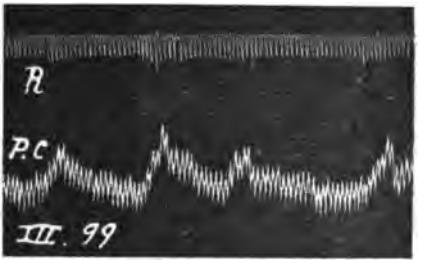



Fig. 5. — Pression carotidienne, P. C., et tracé respiratoire, R, chez un Lapin non attaché. — Persistance des courbes de troisième ordre et de la respiration périodique.

En effet, les oscillations de troisième ordre de la pression sanguine artérielle peuvent encore se montrer alors que toute action mécanique des mouvements du thorax a été supprimée, par l'ouverture du thorax, combinée ou non avec la section des phréniques. Dans ces expériences, on pratique la respiration artificielle (voir fig. 6 et 7).

Les oscillations de troisième ordre de la pression sanguine sont donc, jusqu'à un certain point, indépendantes des mouvements respiratoires. Si elles dépendent vraiment d'influences vaso-motrices, elles doivent disparaître après la section de la moelle cervicale. C'est, en effet, ce que j'ai constaté, tant après la section de la moelle cervicale pratiquée au-dessous du point d'émergence des phréniques, au niveau de la septième vertèbre cervicale

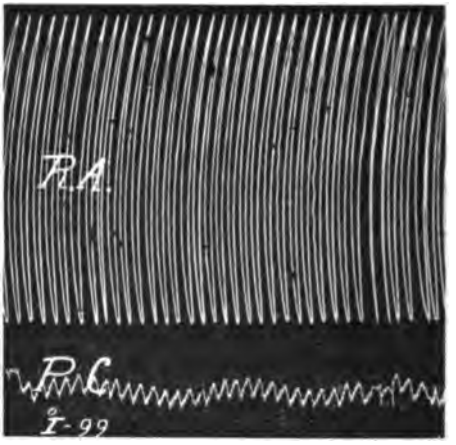



**Fig. 6. — Lapin à poitrine ouverte. — R. A., respiration artificielle. — P. C., pression artérielle montrant encore des oscillations de troisième ordre**

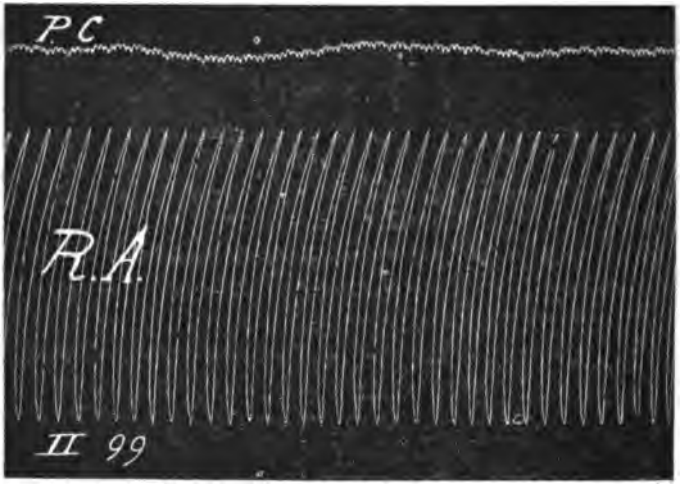
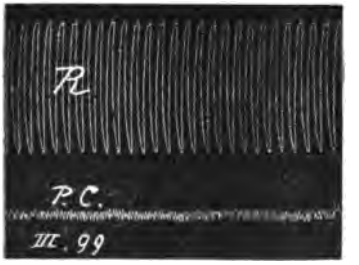



**Fig. 7. — Lapin à poitrine ouverte et à phréniques coupés. — Respiration artificielle, R. A. — Pression artérielle, P. C., montrant encore les courbes de troisième ordre.**

(voir fig. 8 et 9), qu'après la section de la moelle au-dessus des points d'émergence des phréniques (voir fig. 10). Dans ce dernier cas, il est nécessaire de pratiquer la respiration artificielle.



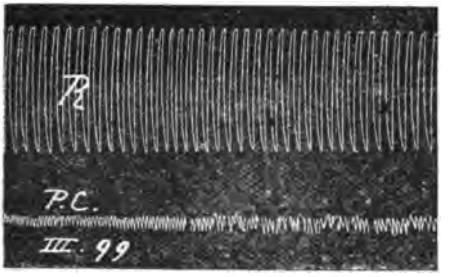
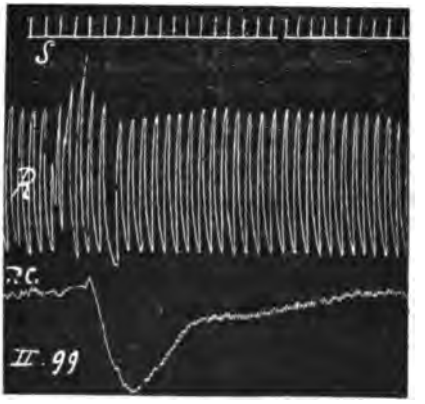




FIG. 8 et 9. — Lapin à moelle coupée au niveau de la septième vertèbre cervicale. — Tracé respiratoire, R, et tracé de la respiration carotidienne, P. C. — Il n'y a plus ni respiration périodique ni oscillations vaso-motrices.

Dans le cours d'une expérience, les tracés obtenus ne sont pas absolument réguliers. Il se produit parfois des anomalies qui intéressent à la fois le tracé de la pression sanguine et celui de la respiration. On observe encore que dans certains cas, par exemple lorsque l'animal s'agite sur le support, c'est le tracé de la respiration

vaisseaux, ni d'une action du centre respiratoire sur le centre vaso-moteur. Elles sont cependant d'origine vaso-motrice.



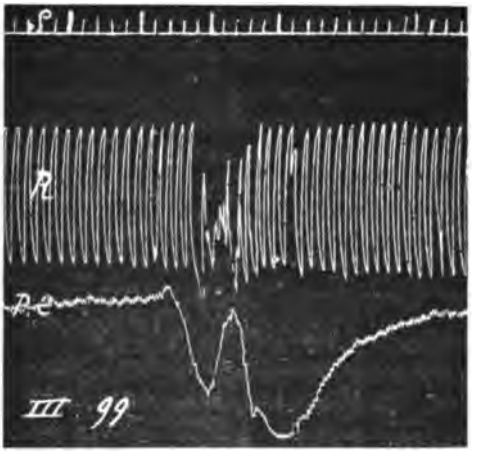




FIG. 11 et 12. — Tracé respiratoire, R. — Tracé de la pression carotidienne, P. C. — Secondes, S.

Il semble donc que les centres vaso-moteur et respiratoire présentent une activité rythmée associée, activité qui se manifeste sous l'influence de causes encore mal définies.

(Travail de l'Institut de physiologie
de l'Université de Liége.)

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Mansion* (*P.*) et *Neuberg* (*J.*). Mathesis, recueil mathématique, 2e sér., t. VIII, 1898. In-8°.

*Mourlon* (*Michel*). Sur l'âge relatif des sables noirs à lignites du sous-sol de la Campine limbourgeoise. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (4 p.).

— Discours prononcé aux funérailles du Dr Jean Crocq. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (4 p.).

— Le Service géologique de Belgique. Bruxelles, 1898; extr. in-8°.

— Sur la publication de nouveaux tomes des deux séries de la Bibliographia geologica et de la deuxième édition de la Classification décimale appliquée aux sciences géologiques. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (7 p.).

— Sur les dépôts tertiaires de la Campine limbourgeoise à l'ouest de la Meuse. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (58 p.).

— Quelques mots au sujet des observations de M. le baron O. van Ertborn sur l'allure probable de l'argile rupelienne dans le sous-sol de la Campine limbourgeoise. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (2 p.).

*Reychler* (*A.*). Outlines of physical chemistry. Translated from the french, by John Mac Crae. Londres, 1899; pet. in-8° (xvi-276 p.).

*Van Pée* (*P.*). Note sur le développement du système veineux du foie chez les embryons de lapin. Paris, 1899; extr. in-8° (37 p. et 1 pl.).

*Dierickx* (*Fr.*). Étude comparée des glandes pygidiennes chez les carabides et les dytiscides, avec quelques remarques sur le classement des carabides. Louvain, 1899; gr. in-8° (112 p. et 5 pl.).

*Meunier* (*F.*). Les Méduses fossiles, par Ch.-D. Walcott. Liége, 1899; extr. in-8° (13 p.).

*Société scientifique de Bruxelles.* Annales, 23e année, 1898-1899, 2e fascicule. 1899.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

*Loew* (*Oscar*). Die chemische Energie der lebenden Zellen. Munich, 1899; in-8° (XI-170 p.).

BERLIN. *Centralbureau der internationalen Erdmessung.* Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres 1898 (Th. Albrecht). 1899; in-4°.

— Resultate aus den Polhöhenbestimmungen in Berlin, ausgeführt in den Jahren 1891 und 1892 (H. Battermann). 1899; in-4°.

MUNICH. *Botanische Gesellschaft.* Berichte, Band VI, 1899.

PRAGUE. *Gesellschaft der Wissenschaften.* Jahresbericht, 1898. Sitzungsberichte, 1898.

KÖNIGSBERG. *Physikalisch-ökonomische Gesellschaft,* 39. Jahrgang, 1898. In-4°.

—

AMÉRIQUE.

*Duncan Bulkley* (*L.*). The absorption *versus* the digestion of milk. New-York, 1899; in-18 (14 p.).

*Rogers* (*Henry-Raymond*). The universe, or the secrets of the sun and stars. Buffalo, 1898; in-18 (31 p.).

*Rogers* (*Henry-Raymond*). Electricity, the universal force. Buffalo, 1898; in-18 (31 p.).

— Metius, the Hollander, inventor and discoverer. Buffalo, 1899; in-18 (10 p.).

WASHINGTON. *Smithsonian Institution*. Miscellaneous collections : A select bibliography of chemistry, 1492-1897. 1st suppl., by Henry C. Bolton. 1899.

— Report of the U. S. National Museum, 1896.

*The nautical Almanac* for 1902. Londres, 1899; in-8°.

—

FRANCE.

*Foveau de Courmelles*. L'esprit scientifique contemporain. Paris, 1899; in-12 (407 p.).

*Dangeard* (*P.-A.*). Théorie de la sexualité. Poitiers, 1899; extr. in-8° (28 p.).

*Lapparent* (*A. de*). Cours de minéralogie, 3e édition. Paris, 1899; gr. in-8° (XIX-703 p.).

BORDEAUX. *Société des sciences physiques et naturelles*. Procès-verbaux des séances, 1897-1898. Mémoires, t. IV, 1898.

— Observations pluviométriques et thermométriques faites dans le département de la Gironde, de juin 1897 à mai 1898 (G. Rayet). 1898.

CAEN. *Académie des sciences, arts et belles-lettres*. Mémoires, 1898.

DIJON. *Académie des sciences, arts et belles-lettres*. Mémoires, t. VI, 1897-1898.

PARIS. *Scientia*. Exposé et développement des questions scientifiques à l'ordre du jour. La spécificité cellulaire; par L. Bard. Évreux, 1899; in-18 (100 p.).

— La sexualité; par Félix le Dantec. Évreux, 1899; in-18 (98 p.).

— La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes; par H. Poincaré. Évreux, 1899; in-18 (80 p.).

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 6.

*Séance du 3 juin 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* P. Francotte, *correspondant.*

## CORRESPONDANCE.

M. le général Rykatchew, directeur de l'Observatoire physique central Nicolas, remercie la Classe des sciences, tant au nom de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg qu'au nom de son Observatoire, pour les félicitations et souhaits adressés à l'occasion du cinquantième anniversaire de fondation de cet établissement.

— La Classe délègue à M. G. Van der Mensbrugghe la mission de la représenter avec M. A. Renard aux fêtes jubilaires de Sir G. G. Stokes, baronnet, professeur à l'Université de Cambridge (Angleterre).

M. Van der Mensbrugghe représentera également la Classe au centenaire de la « Royal Institution of Great Britain », à Londres.

— M. Van Bambeke fait hommage d'une brochure portant pour titre : *Quelques considérations sur la marche de l'histologie depuis vingt-cinq ans.* Conférence faite le 16 avril 1899, à l'occasion de la célébration de mon 70e anniversaire. — Remerciements.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique communique une requête par laquelle M. Cerfontaine, chef des travaux de zoologie à l'Université de Liége, demande à pouvoir occuper, en 1900, la table dont le Gouvernement dispose au laboratoire du Dr Dohrn, à Naples. — Renvoi à MM. Van Beneden et Van Bambeke.

— Travail manuscrit envoyé à l'examen :

Lettre de M. A. Brachet sur les *Moyens d'augmenter l'intensité lumineuse de l'arc voltaïque à l'aide d'écrans fluorescents*. — Commissaire : M. De Heen.

## RAPPORTS.

MM. Lancaster et Terby donnent lecture de leur rapport sur une note de M. Hubert Hanosset (*Sur la pression atmosphérique*). — Dépôt aux archives de la note et du rapport.

— Sur l'avis de MM. Spring et Lagrange, le *Bulletin* renfermera une note de M. Henryk Arctowski, intitulée : *Expédition antarctique belge. Rapport préliminaire sur les sondages de la « Belgica »*, avec carte.

*Influence du magnétisme sur la luminescence des gaz;* par A. de Hemptinne.

**Rapport de M. P. De Heen, premier commissaire.**

« M. de Hemptinne, poursuivant ses recherches sur la luminescence, nous soumet aujourd'hui un travail intéressant sur l'action que le magnétisme exerce sur les tubes sans électrodes soumis à des vibrations électriques.

Il étudie successivement l'influence de la pression du gaz, de la longueur de l'onde électrique, de la nature des gaz et de l'influence du milieu. L'auteur termine son travail par des considérations théoriques relatives aux faits observés.

Plusieurs points de ce travail me paraissent présenter beaucoup d'intérêt. Je n'hésite pas à en demander l'impression au *Bulletin* de l'Académie. »

—

*Rapport de M. W. Spring, second commissaire.*

« Je me rallie aux conclusions de notre savant confrère, M. De Heen; les observations que nous communique M. de Hemptinne intéressent autant les chimistes que les physiciens. »

La Classe décide l'impression au *Bulletin* de la note de M. A. de Hemptinne.

---

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

—

NOTES SUR LE CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Théorème de la moyenne; théorème inverse de celui de Bernoulli;* par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

### I. — *Sur le théorème de la moyenne* (*).

1. La valeur la plus probable $x$ de la grandeur inconnue X dans un groupe de $n$ observations $O'O'' - O_n$ est une intégrale de l'équation

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{dx}{dO'} + \frac{dx}{dO''} + \cdots + \frac{dx}{dO_n} = 1.$$

(*) Voy. *Démonstration du principe de la moyenne par les probabilités* a posteriori (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e série, t. XXXII, n° 7, juillet 1896); *Exposé de principe de la théorie des erreurs fondée sur le théorème* a posteriori *de la moyenne. Moyennes récurrentes* (IBID., t. XXXV, n° 6, 1898).

Posant

$$\frac{dx}{dO'} = K', \quad \frac{dx}{dO''} = K'', \ldots,$$

on a

$$(2) \ldots\ldots \quad dx = [K dO] \quad \text{avec} \quad [K] = 1.$$

dx *est donc une* MOYENNE *des accroissements* dO en passant d'un système (O) à un système infiniment voisin (O + *d*O). *Les* K *sont des fonctions des valeurs relatives* O — O = Δ — Δ *des observations ou des erreurs, fonctions qui peuvent se réduire à des constantes.*

En désignant par $x_1$ la valeur de $x$ pour un système $(O_1)$, on aura

$$(3) \ldots\ldots \quad x = x_1 + \int_{(O_1)}^{O} [K dO].$$

Le raisonnement pour établir que, dans le cas des Δ accidentels, les K sont des constantes, peut s'énoncer sous la forme simple suivante :

« Dans le cas des Δ accidentels, c'est-à-dire *auxquels aucune cause n'est assignable*, l'*événement arrivé* O — O = Δ — Δ est un *événement arrivé accidentel*, c'est-à-dire *auquel aucune cause n'est assignable* a posteriori.

Je dis que, dans ce cas, les K sont des constantes.

1° En effet, si les K étaient des fonctions des O — O = Δ — Δ, *dx* (2) et par suite l'$x$ le plus probable $x$ (3) dépendraient de l'événement arrivé accidentel O — O = Δ — Δ;

2° Or cela n'est pas possible; car, par le principe de Bayes, $H_x = \frac{P'}{\Sigma P'}$, la probabilité $H_x$ d'une cause X ne peut dépendre d'un événement arrivé que si cet événe-

ment (ici O — O) a, dans cette cause X, une probabilité *a priori* déterminée P'. Mais alors cet événement aurait une cause assignée X, et par conséquent, contrairement à sa définition, il ne serait plus accidentel.

Les K sont donc des constantes. On a $x = [KO]$, $[K] = 1$, c. q. f. d. »

**2.** Le *principe du maximum* 3° (voy. *Exposé de principe*, etc., § 4) dans son application à la détermination des erreurs $y'y''$... commises en adoptant pour X la moyenne $x$, donne lieu à une remarque importante.

En prenant successivement pour *événement arrivé* : *a*) le système (O'O''...); *b*) la détermination $x$, on a, par le principe de Bayes, dans le premier cas, $H_{x'}$, $H_{x''}$ étant les probabilités des causes $X = x'$, $X = x''$:

$$(a) \quad . \quad . \quad . \quad \frac{H_{x'}}{H_{x''}} = \frac{P_{O'-x',\ O''-x',\ \ldots}}{P_{O'-x'',\ O''-x'',\ \ldots}} = \frac{P_{\Delta'+y',\ \Delta''+y',\ \ldots}}{P_{\Delta'+y'',\ \Delta''+y'',\ \ldots}},$$

où

$$x = x' + y', \quad x = x'' + y'', \quad \Delta = O - x;$$

dans le second cas, H' désignant les probabilités des causes :

$$(b) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{H'_{x'}}{H'_{x''}} = \frac{P_{y'}}{P_{y''}}.$$

Pour pouvoir égaler les seconds membres des équations (*a*), (*b*) et trouver la relation

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{P_{y'}}{P_{y''}} = \frac{P_{\Delta'+y',\ \Delta''+y',\ \ldots}}{P_{\Delta'+y'',\ \Delta''+y'',\ \ldots}},$$

il faut que l'on ait

$$\frac{H_{x'}}{H_{x''}} = \frac{H'_{x'}}{H'_{x''}},$$

relation qui n'est pas exacte en général, puisque l'on est parti d'*événements arrivés* différents, mais qui l'est dans le cas actuel, en vertu du théorème suivant : *Lorsque deux événements désignent la même cause pour cause la plus probable, ils donnent la même probabilité à une cause quelconque.*

Si, en effet, $(is)$ pour le premier événement, $(i's')$ pour le second, sont les nombres d'apparitions de deux alternatives contradictoires qui ont, sur M épreuves, constitué l'expérience, les valeurs les plus probables des probabilités simples de ces alternatives seront, d'après le premier événement,

$$p = \frac{i}{M}, \quad q = \frac{s}{M};$$

d'après le second,

$$p' = \frac{i'}{M}, \quad q' = \frac{s'}{M}.$$

Mais les causes et les probabilités simples sont réciproquement déterminées. Donc, si des deux parts les causes les plus probables sont identiques, on a

$$p' = p, \qquad q' = q;$$

et par conséquent, $i' = i$, $s' = s$; ce qui établit l'identité entre les probabilités données par les deux événements à une cause quelconque, c. q. f. d.

Dans le cas des deux événements *a*) (O'O''...) et *b*) $x$, envisagés plus haut, la cause la plus probable est, de part et d'autre, la valeur $x$. Il suit du théorème précédent que l'on a dès lors pour des valeurs quelconques $x'$, $x''$, $H'_{x'} = H_{x'}$, $H'_{x''} = H_{x''}$, et que par conséquent la relation (4) est rigoureusement exacte.

**3.** Le principe du maximum n'est qu'une conséquence du principe de Bayes. L'expression immédiate, par ce principe, de la probabilité $H_x$ d'une cause $x$, quand, par le principe du maximum et le théorème de la moyenne, on a trouvé la loi de probabilité

$$P_\Delta = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2\Delta^2} d\Delta = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(O-x)^2} d\Delta,$$

permet d'arriver plus directement que par le procédé précédent (§ 2) à l'indice de précision de la moyenne.

On a, par le principe de Bayes,

$$H_x = \frac{P_{\Delta'\Delta''\ldots}}{\sum\limits_{x=-\infty}^{x=+\infty} P_{\Delta'\Delta''\ldots}} = \frac{\dfrac{h'h''\ldots}{(\sqrt{\pi})^n} e^{-[h^2(O-x)^2]} (d\Delta)^n}{\sum\limits_{x=-\infty}^{x=+\infty} \dfrac{h'h''\ldots}{(\sqrt{\pi})^n} e^{-[h^2(O-x)^2]} (d\Delta)^n},$$

ou

$$(5) \quad \ldots\ldots \quad H_x = \frac{e^{-[h^2(O-x)^2]}\, dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-[h^2(O-x)^2]}\, dx}.$$

La valeur la plus probable de X est

$$x_1 = \frac{[h^2O]}{[h^2]}.$$

Posant $x = x_1 + x'$, et remarquant que $[h^2(O - x_1)] = 0$, (5) s'écrit

$$H_x = \frac{e^{-[h^2]x'^2} dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-[h^2]x'^2} dx},$$

ou

$$(6) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad H_x = \frac{\sqrt{[h^2]}}{\sqrt{\pi}} e^{-[h^2]x^2} dx;$$

d'où, pour l'indice de précision H de la moyenne,

$$H = \sqrt{[h^2]}, \quad \text{et} \quad H = h\sqrt{n}$$

dans le cas de l'égale précision des observations, formules qui donnent immédiatement le poids et l'erreur moyenne de la moyenne.

La probabilité que la vraie valeur ne s'écarte pas de la moyenne de $\pm \lambda$ est égale à (*)

$$(7) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad H_{-\lambda}^{+\lambda} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\lambda\sqrt{[h^2]}} e^{-t^2} dt$$

---

(*) On établit fort simplement comme suit le *théorème de la probabilité totale* dont la formule (7) est ici une application.

Soient $M_1 M_2 \ldots$ des *manières* contradictoires d'arrivée d'un événement A;

$$\varpi_1 = \frac{p_1}{\pi}, \quad \varpi_2 = \frac{p_2}{\pi}, \ldots \quad (\varpi_1 + \varpi_2 + \cdots = 1)$$

les probabilités des *manières;*

$$P_1 = \frac{f_1}{p_1}, \quad P_2 = \frac{f_2}{p_2}, \ldots$$

les probabilités d'arrivée de A *dans* les manières. Les probabilités d'arrivée de A *par* les manières seront

$$P' = \varpi_1 P_1, \quad P'' = \varpi_2 P_2, \ldots \quad P^{(i)} = \varpi_i P_i \ldots$$

et la probabilité totale

$$P = P' + P'' + \cdots$$

*Démonstration.* Soit

$$P = \frac{N_f}{N_p}.$$

ou

$$H_{-\lambda}^{+\lambda} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{h\lambda\sqrt{n}} e^{-t^2} dt,$$

par où l'on voit que $H_{-\lambda}^{+\lambda}$ *tend vers* 1 *avec* $n = \infty$, quelque resserrée que soit la limite $\lambda$ (théorème analogue à celui de Bernoulli).

*On peut prendre le nombre des observations assez grand pour avoir une probabilité aussi peu différente de la certitude que l'on voudra, que la vraie valeur ne s'écarte pas de la moyenne de plus d'une quantité donnée, quelque petite qu'elle soit.*

---

Pour pouvoir comparer entre elles les chances concernant $P_1$, $P_2$, ... il faut d'abord les *réduire à la même possibilité*, c'est-à-dire *pour nous* à la même probabilité. Posant $p_1 p_2 \cdots = p$, on écrira donc

$$P_1 = \frac{\frac{f_1 p}{p_1}}{p}, \qquad P_2 = \frac{\frac{f_2 p}{p_2}}{p}, \ldots$$

Cas possibles $N_p$. Pour que A *puisse* arriver *par* la manière $M_i$, il faut qu'il y ait : 1° des cas *favorables* à cette manière; 2° des cas *possibles* de A *dans* cette manière. Ainsi, la manière $M_i$ fait compter $\varphi_i p$ cas possibles. On a donc

$$N_p = \Sigma \varphi_i p = p \Sigma \varphi_i = p\pi.$$

Cas favorables $N_f$. Pour que A *arrive par* la manière $M_i$, il faut qu'il y ait : 1° des cas *favorables* à cette manière; 2° des cas *favorables* à A *dans* cette manière. Ainsi, la manière $M_i$ fait compter

$$\varphi_i \frac{f_i p}{p_i}$$

cas favorables. On a donc

$$N_f = \Sigma \varphi_i \frac{f_i p}{p_i}.$$

Par conséquent,

$$P = \frac{\Sigma \varphi_i \frac{f_i p}{p_i}}{p\pi} = \Sigma \varpi_i P_i = \Sigma P^{(i)} \qquad \text{c. q. f. d.}$$

II. — *Théorème inverse du théorème de Bernoulli* (concernant la probabilité des causes).

**4.** La démonstration de ce théorème peut se ramener à la même forme que celle du théorème de Bernoulli.

$i$, $s$ étant les nombres d'apparitions ($i + s = M$) de deux événements contradictoires dont les probabilités simples sont $x$, $1 - x$, la probabilité $H_{p'\pm\lambda}^{p'+\lambda}$ d'une cause qui maintient $x$ dans les limites $\pm\lambda$ à partir de sa valeur la plus probable $x = p' = \frac{i}{M}$, est donnée par

$$(8) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad H_{p'-\lambda}^{p'+\lambda} = \frac{\int_{p'-\lambda}^{p'+\lambda} x^i(1-x)^s dx}{\int_0^1 x^i(1-x)^s dx}.$$

Il faut prouver que lim. $H_{p'\pm\lambda}^{p'+\lambda} = 1$ pour $M = \infty$.

En posant

$$R_1 = \frac{\int_0^{p'-\lambda} x^i(1-x)^s dx}{\int_0^1 x^i(1-x)^s dx}$$

$$R_2 = \frac{\int_{p'+\lambda}^1 x^i(1-x)^s dx}{\int_0^1 x^i(1-x) dx},$$

on a

$$H_{p'-\lambda}^{p'+\lambda} = 1 - (R_1 + R_2).$$

La démonstration revient à faire voir que

$$\lim. (R_1 + R_2) = 0,$$

et il suffit de considérer le cas de $R_1$.

On a par l'intégration par parties, en posant $p' - \lambda = p''$ et

$$1 - p' + \lambda = q' + \lambda = q'',$$

$$\int_0^{p'-\lambda} x^i(1-x)^s dx = \sum_{\sigma=1}^{\sigma=M+1-i} \frac{P_i \times P_s}{P_{i+\sigma} \times P_{s-(\sigma-1)}} p''^{i+\sigma} q''^{s-(\sigma-1)}$$

et

$$\int_0^1 x^i(1-x)^s dx = \frac{P_i P_s}{P_{M+1}};$$

d'où

$$(9) \quad . \quad R_1 = \sum_{\sigma=1}^{\sigma=M+1-i} (M+1) C_{i+\sigma} \times p''^{i+\sigma} q''^{M+1-(i+\sigma)},$$

ce qui montre que $R_1$ est la somme $T_{i+1} + T_{i+2} + \cdots + T_{M+1}$ des termes du développement de

$$(p'' + q'')^{M+1},$$

de $i+1$ à $M+1$, en prenant pour argument l'exposant de $p''$.

Le terme maximum $T_{i''}$ de ce développement correspond à $i'' = (M+1)p''$, et l'on a

$$i - i'' = Mp' - (M+1)p'' = (M+1)\left(\lambda - \frac{p'}{M+1}\right) = (M+1)\lambda'$$

en posant

$$\lambda' = \lambda - \frac{p'}{M+1}.$$

D'ailleurs (*) on aura

$$(10) \quad \ldots\ldots \quad T_{i+\sigma} < T_i (F'_1)^\sigma$$

---

(*) Conformément à la démonstration du théorème de Bernoulli que j'ai donnée dans mon *Cours de probabilités de l'École militaire* (1892, 56e Prom. A. S., 7e leçon, 5 mai 1892).

Voici la marche des déductions de cette démonstration, concernant la comparaison des probabilités des différents événements dans la répétition des mêmes épreuves.

On a

$$(p+q)^M = T_0 + T_1 + \cdots + T_i + \cdots + T_M.$$

*Théorème I.* Le terme maximum $T_{i'}$ correspond à

$$i' = Mp,$$
$$s' = Mq.$$

*Théorème II.* Le rapport

$$\rho = \frac{T_{i'+\mu'}}{T_{i'+\mu}}$$

de deux termes distants du terme maximum de nombres de rang $\mu$, $\mu'$ finis (0, 1, 2, ...) tend vers 1 avec $M \equiv \infty$.

*Théorème III.* Pour $\mu' = \beta' M$ (proportionnel à M) et $\mu$ fini (0, 1, 2, ...), ou pour $\mu' = \beta' M$, $\mu = \beta M$ ($\mu' > \mu$), $\rho$ tend vers 0 avec $M \equiv \infty$.

*Théorème IV.* $T_{i'}$ tend vers 0 avec $M \equiv \infty$.

La démonstration de II, III repose sur ce que l'on peut écrire

$$\rho = F_1 F_2 \ldots F_\sigma \ldots F_{\mu'-\mu},$$

avec

$$F_\sigma = \frac{1 - \dfrac{\sigma+\mu-1}{Mq}}{1 + \dfrac{\sigma+\mu}{Mp}} \quad (F_1 > F_2 > \cdots > F_{\mu'-\mu};\ F_\sigma < 1).$$

où $F_1'$ est le facteur moindre que l'unité

$$\left(\frac{\lambda'}{q''} = \frac{\lambda - \dfrac{p'}{M+1}}{\lambda + q'}\right)$$

$$F_1' = \frac{1 - \dfrac{\lambda'}{q''}}{1 + \dfrac{\lambda'}{p''}},$$

---

Pour

$$\mu = \beta M \text{(th. III)},$$

on a

$$F_2 = \frac{1 - \dfrac{\beta}{q}}{1 + \dfrac{\beta}{p} + \dfrac{1}{Mp}}$$

et (11) $\rho < (F_1)^{\mu' - \mu}$.

*Théorème de Bernoulli.* Posant $l = \lambda M$, il faut prouver que

$$P = \Sigma_{-l}^{+l} T_{i'+\mu'}$$

tend vers 1 avec $M \equiv \infty$. On écrit le développement $(p+q)^M = 1$ sous la forme $R_2 + P + R_1 = 1$. On a par exemple

$$R_1 = \Sigma_{i'+l+1}^{i'+(M-i')} T_{i'+\mu'}.$$

La démonstration consiste à comparer $R_1$ au seul terme $T_{i'+l}$. Appliquant avec différents termes de $R_1$ l'inégalité (11) et ajoutant membre à membre, on a

$$R_1 < T_{i'+l}(F_1 + F_1^2 + \cdots + F_1^{M-i'-l}) \quad \text{ou} \quad R_1 < T_{i'+l} F_1 \frac{1 - F_1^{M-i'-l}}{1 - F_1}.$$

Ainsi $R_1$ est du même ordre que le seul terme $T_{i'+l}$. Il en résulte, par les théorèmes précédents, que $R_1$ (comme aussi $R_2$) s'annule devant P tout en tendant vers zéro. Ainsi P tend vers 1; c. q. f. d.

On vient de supposer, pour simplifier, $Mp$, $Mq$ nombres entiers. On a aussi examiné dans la même leçon le cas général de $Mp$, $Mq$ non

et en exprimant au moyen de la relation (10), comme dans la démonstration du théorème de Bernoulli, le reste

---

entiers, et il peut y avoir intérêt à mentionner ici les résultats. N, Q étant des entiers, $p'$ une fraction, on a

$$Mp = N + p', \quad Mq = Q - p'.$$

*(Théorème I).* Si $p' < q$, on a $i' = N$ et $s' = Q + 1$; si $p' > q$, on a $i' = N + 1$ et $s' = Q$.

*(Théorèmes II et III).* 1° $p' < q \begin{cases} i' = Mp - p' \\ s' = Mq + p' \end{cases}$; 2° $p' > q \begin{cases} i' = Mp + 1 - p' \\ s' = Mq - 1 + p'. \end{cases}$

Dans le cas 1°, on a

$$F_\sigma = \frac{1 - \dfrac{\sigma + \mu - 1 - p'}{Mq}}{1 + \dfrac{\sigma + \mu - p'}{Mp}};$$

dans le 2°,

$$F_\sigma = \frac{1 - \dfrac{\sigma + \mu - p'}{Mq}}{1 + \dfrac{\sigma + \mu + 1 - p'}{Mp}}.$$

On a encore toujours dans tous les cas $F_1 > F_2 > \cdots > F_{\mu'-\mu}$ et $F_\sigma < 1$. Toutes les démonstrations subsistent.

(*Théorème de Bernoulli*). Les termes de P sont définis par les conditions

$$(c) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \begin{cases} i - Mp < \lambda M \\ s - Mq < \lambda M \end{cases}.$$

Dans le cas 1° [voy. (*Théorèmes II et III*)], on aura

$$\begin{cases} i - i' < \lambda M - p' \\ s - s' < \lambda M + p \end{cases} \text{ ou } \begin{matrix} i - i' < E + \gamma - p' \\ s - s' < E + \gamma + p' \end{matrix} \quad \text{(où } \lambda M = E + \gamma, \text{ E partie entière, } \gamma \text{ fraction);}$$

dans le 2°,

$$\begin{cases} i - i' < \lambda M - (1 - p') \\ s - s' < \lambda M - (1 + p') \end{cases} \text{ ou } \begin{matrix} i - i' < E + \gamma - (1 - p') \\ s - s' < E + \gamma + (1 - p'). \end{matrix}$$

Il suffit, d'après cela, de prendre $l$ égal à la partie entière de

$R_1$ (9) sous la forme d'une progression géométrique décroissante, on aura

$$R_1 < T_i F'_1 \frac{1 - F'^{M+1}_1}{1 - F'_1},$$

expression de même forme que celle relative au *reste* dans le théorème de Bernoulli. Or on sait *a priori* par ce théorème que, pour $M = \infty$, $p'$ et $q'$ s'écartent certainement de $p$ et $q$ (probabilités simples) de moins de toute grandeur donnée, quelque petite qu'elle soit. Donc $\lambda'$ tend vers $\lambda$, $F'_1$ vers

$$\frac{1 - \dfrac{\lambda}{q + \lambda}}{1 + \dfrac{\lambda}{p - \lambda}};$$

et, comme dans le théorème de Bernoulli, $R_1$ étant dès lors du même ordre que $T_i = T_{i'' + (M+1)\lambda}$, tend vers zéro; c. q. f. d.

*Remarque.* — Les calculs précédents font voir que, d'une manière inverse, la probabilité *a priori* considérée dans le théorème de Bernoulli peut s'exprimer au moyen des intégrales de la probabilité *a posteriori* des causes, question qui fera l'objet d'une autre communication.

---

$\lambda M - 1$, c'est-à-dire $l = \lambda M - \gamma - 1$ (d'où résulte, si $l = \beta M$, $\beta = \lambda - \frac{1 + \gamma}{M}$ ou $\beta < \lambda$), pour démontrer dans tous les cas, par $P^{+l}_{-l} = 1$, le théorème de Bernoulli. Car la probabilité que $i$ et $s$ soient compris dans les limites ($c$) est $\geqq P^{+l}_{-l}$

—

*Remarques sur une note récente de M. Pernter, concernant la couleur bleue du ciel;* par W. Spring, membre de l'Académie.

Je me suis permis d'exprimer sur l'origine du *bleu du ciel* une opinion différente de celle qui est généralement admise (1) : au lieu de regarder cette couleur comme produite par un trouble particulier de notre atmosphère, j'ai cru pouvoir la rattacher au fait bien constaté de la coloration des composants oxygénés de l'air. J'avais, au surplus, appuyé mon opinion sur une observation nouvelle : en éteignant le bleu du ciel par sa couleur complémentaire, j'avais constaté que le degré de polarisation de la lumière du ciel n'était pas diminué d'une manière sensible. On pouvait donc conclure à l'indépendance de la couleur bleue et de la polarisation ; en d'autres termes, la lumière bleue ne devait plus être regardée comme résultant nécessairement du jeu de la lumière solaire dans un milieu trouble, ainsi que l'avaient admis Clausius et, finalement, J. W. Strutt. Dans ma pensée, le trouble suspendu dans l'atmosphère devait avoir pour effet principal de *diffuser* la lumière, c'est-à-dire de produire l'*illumination* du firmament et non de le colorer ; la couleur devait être propre à l'air.

Cette conclusion n'a pas eu la chance heureuse de

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXV, pp. 504-518, 1898.

plaire à M. le professeur J. M. Pernter, de Vienne, dont j'avais cité un article sur le sujet qui nous occupe.

Dans une note insérée dans le *Bulletin de l'Académie de Vienne* (4 mai 1899), ce physicien s'élève contre ma pensée d'attribuer un rôle efficace aux substances bleues de l'atmosphère, dans le phénomène de la coloration du ciel; il prétend même que l'observation rappelée ci-dessus prouve précisément le contraire de ce que j'ai cru, c'est-à-dire qu'elle vient plutôt à l'appui de la théorie jusqu'à présent admise sur l'origine du bleu du ciel.

Je crois de mon devoir de ne pas laisser s'accréditer l'argumentation spécieuse de mon contradicteur et de montrer que le point de vue auquel je me suis placé n'est pas aussi faux qu'il le croit. Je demande donc la permission de détacher d'un travail en exécution sur les milieux troubles quelques faits en réponse aux observations qui me sont faites. Le détail de ces faits suivra aussitôt que mes expériences seront terminées.

*
* *

M. Pernter a répété mon expérience sur l'indépendance de la polarisation du ciel et de sa couleur bleue. Il l'a reconnue *exacte;* notre différend se borne donc aux conclusions à tirer du fait désormais acquis.

M. Pernter s'est demandé si la lumière bleuâtre d'un trouble artificiel se comporte comme le bleu du ciel. Il a donc vérifié si l'interposition de la couleur complémentaire entre le polariscope et le trouble éclairé par de la lumière blanche, ou même bleue, verte ou rouge, a une influence sur la polarisation de la lumière réfléchie. Le

résultat ayant été négatif, M. Pernter dit que mon expérience n'a pas de portée, ou, si elle prouve quelque chose, c'est précisément que le bleu du ciel est dû au trouble de l'atmosphère, car la lumière du ciel se comporte comme celle que renvoie un milieu trouble (1).

A cela je répondrai que le bleu engendré à la surface du trouble artificiel le plus fin n'est qu'une lueur, une opalescence, relativement au bleu du ciel. En supprimant cette lueur par sa couleur complémentaire, on n'efface qu'une partie négligeable *de la lumière réfléchie* et, naturellement, de la polarisation. D'autre part, la couleur complémentaire du bleu laisse passer nécessairement les autres couleurs, notamment le rouge, et ne change rien à leur polarisation quand elle existe; il n'était pas besoin d'une expérience pour le reconnaître.

M. Pernter oppose ensuite à ma proposition sur l'origine du bleu du ciel, les considérations suivantes : « Si

---

(1) En note, au bas de la page, M. Pernter me reproche d'avoir fait une *formidable confusion* (*gewaltiges Missverständniss*) de la théorie de Clausius et de celle de Strutt (lord Rayleigh), parce que j'avais dit que l'une et l'autre conduisaient à la même conclusion relativement à l'état de polarisation de la lumière bleue du ciel. Cette accusation, aussi gratuite que peu courtoise, ne demande pas de réponse, mais je tiens à déclarer que je ne suivrai pas mon contradicteur sur le terrain où il parait vouloir m'entraîner : la question qui nous occupe sera résolue par des faits et non par des personnalités. Il est curieux, toutefois, de remarquer que M. Pernter, page 6 de son article, reconnaît que la théorie de Rayleigh conduit à la polarisation de toutes les couleurs. Alors elle se rencontre avec celle de Clausius sous ce rapport... C'est bien ce que j'ai voulu constater quand j'ai dit que le *désaccord entre Clausius et Strutt n'a pas d'importance* POUR LE SUJET QUI NOUS OCCUPE.

l'air, dit-il, était un corps transparent bleu, il faudrait que toute lumière fût d'autant plus bleue qu'elle aurait traversé des couches plus épaisses. Mais nous savons, au contraire, que l'intensité des rayons bleus et violets est d'autant plus grande que l'on s'élève plus haut dans l'atmosphère... Si le bleu était la couleur propre de l'air, le soleil, la lune et les étoiles devraient être d'autant plus bleus qu'ils se trouvent plus rapprochés de l'horizon de l'observateur. »

Tout cela est parfaitement vrai dans l'hypothèse d'une atmosphère *non trouble,* à transparence parfaite, mais faux dans la réalité des choses. Il est surprenant que M. Pernter, qui ne veut d'autre origine pour le bleu du ciel que *le trouble* de l'air, ne tient tout à coup plus compte de ce trouble. J'ai en cours d'exécution des expériences sur le pouvoir absorbant des milieux troubles pour les diverses radiations; j'en détache ceci : Une couche d'eau trouble, contenant 0gr,125 de gomme laque blanche par litre, arrête totalement les rayons ultra-violets de l'arc électrique quand son épaisseur dépasse seulement quelques millimètres; sous quelques centimètres, elle ne laisse plus passer le violet, et le bleu n'est plus visible à travers une couche d'environ 20 centimètres.

Il résulte nécessairement de ces faits que la lumière du soleil doit contenir d'autant moins de bleu, de violet, qu'elle a passé par une couche d'air trouble plus épaisse. A l'horizon, sa lumière pourra même être entièrement privée de bleu, et elle sera jaune ou orange, comme on le voit journellement. L'objection de M. Pernter se retourne donc entièrement contre lui et elle devient un puissant appui pour ma manière de voir. Pour faire valoir

sans conteste son opinion, M. Pernter devrait démontrer d'abord que l'atmosphère est véritablement *incolore par elle-même* et remettre en question ce que nous savons des propriétés optiques de l'oxygène, de l'ozone, de l'eau et du peroxyde d'hydrogène.

Pour terminer, il me sera permis de faire remarquer que si l'on tient à comparer l'atmosphère avec un milieu trouble, sous le rapport des phénomènes de coloration, il faut, de toute nécessité, ne pas perdre de vue qu'un milieu trouble n'est bleuâtre que par réflexion et toujours jaune, orangé ou rouge par transparence. Cela étant, notre atmosphère, qui reçoit son éclairage du soleil, devrait donc paraître bleuâtre seulement à un observateur *placé en dehors d'elle*, qui recevrait la lumière solaire réfléchie par le trouble; pour tout autre, situé dans l'atmosphère, la coloration serait jaunâtre, car la partie de la lumière transmise l'emporte toujours de beaucoup sur celle de la lumière réfléchie intérieurement (1). La preuve, fournie par l'expérience, réside dans le fait que la lumière bleuâtre réfléchie par un milieu trouble est éteinte par quelques centimètres seulement du même trouble.

On le voit, ces déductions ne concordent pas avec ce que nous voyons dans la nature; il faut donc, loin de chercher à expliquer les phénomènes de coloration du ciel exclusivement par le jeu de la lumière dans les milieux troubles, introduire un facteur auxiliaire : celui de la couleur propre du milieu. La sensation produite

(1) On trouvera, dans la relation complète de mes expériences, les mesures que j'ai exécutées sur ce point.

sur notre œil par l'ensemble de la couleur due à l'*absorption* et des couleurs provenant *du trouble*, dépendra de l'intensité relative des unes et des autres. L'examen de la manière dont se composent alors les diverses couleurs, en tenant compte de l'intensité lumineuse de chacune d'elles, fera l'objet d'une étude complémentaire spéciale.

Liége, Institut de chimie générale, mai 1899.

—

*Phénomènes périodiques observés à Grivegnée (Liége) en mai 1899;* par F. Folie, membre de l'Académie.

Le 5, premières feuilles de pommier.

Le 7, premières feuilles d'aubépine et de lilas.

Le 12, floraison de l'ail des ours, de l'ortie jaune, du sorbier, de l'amelanchier; feuillaison du hêtre et du noyer.

Le 15, feuillaison du chêne et de l'arbre de Judée, floraison de ce dernier; floraison du coignassier.

Le 18, floraison du muguet.

Le 22, floraison du néflier et du framboisier.

Le 25, floraison de la glycine blanche.

Le 30, floraison de la glycine violette.

Le 5 mai, nombreuses hirondelles, sansonnets, fauvettes, rossignols de muraille.

Le 7, éclosion accidentelle de nombreux hannetons (solsticial).

Le 13, martinets.

Le 16, éclosion des hannetons communs, très rares du reste.

—

*Influence du magnétisme sur la luminescence des gaz;*
par A. de Hemptinne.

Un assez grand nombre de savants ont étudié l'action du magnétisme sur les gaz à différents degrés de raréfaction; la plupart de ces recherches se trouvent résumées dans le livre de G. Wiedemann sur l'électricité et le magnétisme, et dans celui tout récent de O. Lehmann : *Die electrische Lichterscheinungen.* Les recherches portent sur des tubes de formes et de dimensions diverses, contenant des électrodes entre lesquelles s'effectuent les décharges. H. Ebert, E. Wiedemann (*) et quelques autres se sont occupés de l'action du magnétisme sur les tubes sans électrodes, soumis à des vibrations électriques. Je me propose d'approfondir l'étude de ces phénomènes.

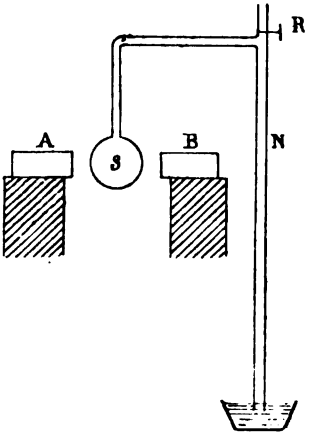


FIG. 1.

*Relations entre l'action du magnétisme et la pression du gaz.*

Entre les pôles A et B d'un grand électro-aimant de Faraday, on a mis une sphère creuse en verre de 7 centimètres de diamètre environ (fig. 1); par le robinet R,

(*) *Annales de Wiedemann*, t. LXII, p. 182.

on peut faire dans la sphère S un vide plus ou moins grand; en observant le niveau du mercure N, on lit la pression. La figure 2 montre la disposition expérimentale vue d'en haut. On voit la sphère S entre les pôles de l'électro-aimant et les plaques P et P′ qui sont reliées aux extrémités des fils du transformateur de Tesla; la sphère S est ainsi soumise à des vibrations électriques entre P et P′. On peut rapprocher ou éloigner les plaques P et P′, et mesurer la distance qui les sépare en millimètres; on peut également les placer dans des positions telles que $P'_1$, $P_1$, indiquées en pointillé sur la figure.

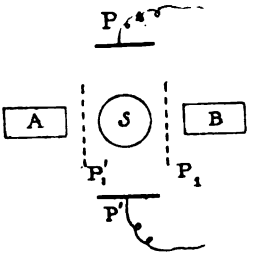


Fig. 2.

La pression de l'air étant réduite à 5 millimètres environ, la sphère soumise aux vibrations électriques devient lumineuse. Si on lance alors le courant dans l'électro-aimant, un changement se produit dans la luminescence de la sphère : les lueurs sont refoulées dans un plan équatorial perpendiculaire à l'axe des pôles de l'aimant et vers la périphérie de la sphère; elles forment donc un anneau dont le centre est obscur. Aussitôt que l'on coupe le courant, les lueurs redeviennent homogènes. Si l'on éloigne les plaques P, P′, de manière à affaiblir l'intensité des vibrations, l'anneau diminue d'épaisseur et, à un moment donné, toute lueur disparaît; si l'on cesse alors d'exciter l'aimant, la luminescence reparaît et s'éteint chaque fois que l'on produit le champ magnétique.

*Influence de la pression.*

L'étude de l'influence de la pression a été faite de la manière suivante. Pour une pression $p$ du gaz et une source d'électricité constante, on a mesuré la distance $e$ des plaques P, P′ pour laquelle l'extinction de toute luminescence a lieu, l'électro-aimant n'étant pas excité; on reprend les mêmes mesures, l'électro-aimant étant excité, et enfin on répète les expériences à différentes pressions. De ces mesures, on déduit l'influence du champ magnétique.

On voit que la méthode est basée sur ce fait que l'intensité de l'énergie électro-magnétique entre les plaques varie avec leur distance. Déterminons d'abord la loi de ces phénomènes, sans perdre de vue qu'il ne s'agit pas de déterminer l'énergie d'un condensateur, mais celle d'un champ électro-magnétique donné par une expression de la forme

$$\frac{KE^2}{8\mu} + \frac{\mu H^2}{8\mu} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

E étant la force électrique en un point, est donné par $\frac{dv}{de}$ ou approximativement par $\frac{v-v'}{e}$, $v$ et $v'$ étant les potentiels en P et P′; de même, par raison de symétrie, l'énergie magnétique variera aussi en raison inverse de la distance des plaques.

D'après cela, *l'expression* (1) *contenant* E *et* H *au carré,*

*on voit que l'énergie du champ entre les plaques* P *et* P' *variera en raison inverse du carré de la distance des plaques*. Voyons si l'expérience vérifie cette conclusion.

Dans un autre travail (*), nous avons vu que pour les pressions suffisamment petites, la pression du gaz dans les tubes était en raison inverse de la quantité de sel à ajouter pour obtenir l'extinction; on en déduit aisément que l'énergie nécessaire pour rendre les gaz raréfiés lumineux est une fonction qui varie proportionnellement aux pressions. Cette hypothèse est d'ailleurs très rationnelle, puisque l'énergie absorbée doit, dans certaines limites, varier avec le nombre des molécules. Voyons donc s'il y a un rapport entre les pressions et l'inverse du carré de la distance des plaques pour laquelle il y a extinction.

Dans la première colonne du tableau suivant se trouvent les pressions du gaz; dans la seconde, les distances d'extinction.

| Pressions. | Distances. |
|---|---|
| — | — |
| 20 | 11 |
| 15 | 12.5 |
| 10 | 15.2 |
| 5 | 20.8 |
| 2.5 | 27.4 |

Les quatre premières pressions diffèrent de 5 millimè-

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXVII, p. 22, 1899.

tres, la dernière de 2.5 millimètres. Si les lois énoncées sont exactes, on doit avoir

$$\frac{1}{(11)^2} - \frac{1}{(12.5)^2} = \frac{1}{(12.5)^2} - \frac{1}{(15.2)^2}$$

$$\frac{1}{(12.5)^2} - \frac{1}{(15.2)^2} = \frac{1}{(15.2)^2} - \frac{1}{(20.8)^2}$$

$$\frac{1}{(15.2)^2} - \frac{1}{(20.8)^2} = 2\left(\frac{1}{(20.8)^2} - \frac{1}{(27.4)^2}\right).$$

Calculons ces quantités et nous obtenons :

$$\frac{1}{(11)^2} - \frac{1}{(12.5)^2} = 0.00186$$

$$\frac{1}{(12.5)^2} - \frac{1}{(15.2)^2} = 0.00208$$

$$\frac{1}{(15.2)^2} - \frac{1}{(20.8)^2} = 0.00201$$

$$2\left(\frac{1}{(20.8)^2} - \frac{1}{(27.4)^2}\right) = 0.00196.$$

Étant donné les difficultés expérimentales, les égalités sont vérifiées d'une façon très satisfaisante; l'écart que l'on trouve pour la première provient sans doute de ce que la pression de 20 millimètres est déjà un peu forte. Nos hypothèses et la loi énoncée peuvent donc être considérées comme exactes; ce fait constitue en même temps une vérification expérimentale de l'importante formule

$$\frac{KE^2}{8\mu} + \frac{\mu H^2}{8\mu}.$$

que donne l'énergie d'un champ électro-magnétique; faisons-en l'application à la recherche de l'action du champ magnétique sur les gaz; cherchons pour une énergie électrique constante et pour diverses pressions la distance des plaques à l'extinction.

Le tableau suivant résume les expériences :

| Pression en millimètres. | Distance des plaques sans champ magnétique. | Distance des plaques avec champ magnétique. |
|---|---|---|
| 8 | 19.5 | 18.2 |
| 6 | 22.2 | 20.2 |
| 4 | 26.2 | 22.3 |
| 3 | 29.2 | 23.2 |

Appliquons les formules trouvées précédemment; on a pour la première colonne :

$$\frac{1}{(19.5)^2} - \frac{1}{(22.2)^2} = 0.00059$$

$$\frac{1}{(22.2)^2} - \frac{1}{(26.2)^2} = 0.00057$$

$$2\left(\frac{1}{(26.2)^2} - \frac{1}{(29.2)^2}\right) = 0.00056.$$

Les chiffres sont sensiblement constants; ils vérifient donc une fois de plus la loi déjà énoncée.

La seconde colonne donne :

$$\frac{1}{(18.2)^2} - \frac{1}{(20.2)^2} = 0.00056$$

$$\frac{1}{(20.2)^2} - \frac{1}{(22.3)^2} = 0.00049$$

$$2\left(\frac{1}{(22.3)^2} - \frac{1}{(23.2)^2}\right) = 0.00030.$$

La loi n'est donc plus vraie dans le champ magnétique à mesure que la pression du gaz diminue ; l'énergie nécessaire pour obtenir l'extinction ne varie plus en raison inverse du carré de la distance des plaques, mais décroît plus rapidement ; en d'autres termes, *plus la pression du gaz est faible, plus l'action de l'aimant est forte.* Ce fait est encore mieux mis en lumière si l'on prend la différence entre les énergies qui correspondent aux chiffres de la première et de la deuxième colonne ; on obtient ainsi le tableau suivant :

| Pression. | Différence des énergies sans et avec champ magnétique. |
|---|---|
| 8 | $\frac{1}{(19.5)^2} - \frac{1}{(18.2)^2} = 0.00039$ |
| 6 | $\frac{1}{(22.2)^2} - \frac{1}{(20.2)^2} = 0.00041$ |
| 4 | $\frac{1}{(26.2)^2} - \frac{1}{(22.3)^2} = 0.00055$ |
| 3 | $\frac{1}{(29.2)^2} - \frac{1}{(23.2)^2} = 0.00068.$ |

A mesure que la pression diminue, l'action de l'électro-aimant croît rapidement ; l'influence de la pression étant grande, il est difficile de faire des mesures quantitatives exactes lorsque le vide est très grand : les erreurs d'expérience deviennent alors trop fortes.

*Lorsque le degré de raréfaction est poussé jusqu'à l'apparition des rayons cathodiques, les phénomènes dans l'ampoule deviennent tout autres ; au moment où l'on crée le*

*champ magnétique, il se produit au sein de la masse gazeuse un mouvement de rotation qui a lieu en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre pour un observateur placé près du pôle austral, et par suite dans le sens des aiguilles d'une montre pour celui qui se trouve au pôle boréal.* Lorsqu'on coupe le courant, il se produit un mouvement en sens inverse facile à observer, grâce à la fluorescence verte qui se déplace à la surface du verre.

Comme aux pressions plus élevées, les lueurs se concentrent également dans un plan perpendiculaire aux lignes de force de l'électro-aimant; si les vibrations électriques sont assez faibles, le champ magnétique éteint toute luminescence. Le phénomène caractéristique des ampoules à air très raréfié est donc la rotation de la luminescence.

Afin de rechercher si cette rotation est accompagnée d'un mouvement des particules matérielles, on a placé entre les pôles de l'électro-aimant un tube de Crookes contenant un moulin à ailettes en mica; l'axe du moulin était placé dans le sens des lignes de force. On sait que sous l'action des rayons cathodiques, le moulin se met à tourner, si toutefois les rayons se propagent dans le même sens. Si le tube soumis à des vibrations électriques entre les plaques P et P′ devient lumineux, le moulin subit quelques légères oscillations, mais aucun mouvement de rotation, sans doute parce que les rayons cathodiques, dont la présence est manifestée par la fluorescence du verre, vont tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; aussitôt que l'on produit le champ magnétique, on distingue nettement une rotation et le moulin se met à tourner dans le même sens; il tourne en sens contraire lorsque l'on change la direction du courant.

Un moulin dont l'axe est perpendiculaire aux lignes de force ne subit pas d'influence.

*Influence de la position des plaques.*

Si l'on place les plaques P, P′ en $P_1$, $P'_1$ (fig. 2), c'est-à-dire perpendiculairement aux lignes de force magnétique, il n'y a plus d'extinction, quel que soit le degré de raréfaction du tube; la luminescence, au contraire, devient plus homogène dans l'ampoule; dans les tubes très raréfiés, il n'y a plus de rotation.

Cherchons l'influence des positions intermédiaires.

La grande ampoule de 7 centimètres de diamètre étant placée entre les pôles de l'électro-aimant, cherchons la distance à laquelle il faut placer les plaques pour obtenir l'extinction sans champ magnétique; puis, dans le champ, faisons successivement la même opération, l'axe des plaques faisant différents angles avec les lignes de force du champ. On obtient ainsi pour la grande ampoule de 7 centimètres :

| Angle de l'axe des plaques avec les lignes de force magnétique. | Distance des plaques | |
|---|---|---|
| | sans électro. | avec électro. |
| — | — | — |
| 90° | 28 | 24.8 |
| 67°,5 | 28 | 25 |
| 45° | 28 | 25.5 |

A cause de la grandeur de l'ampoule, de la distance et de la dimension des pièces polaires, il n'a pas été possible d'expérimenter avec un angle plus petit que 45°;

en effet, comme le montre la figure 3, pour un angle plus petit, l'action des plaques P, P′ serait altérée par les pièces polaires A, B. Pour un angle nul, l'action est nulle;

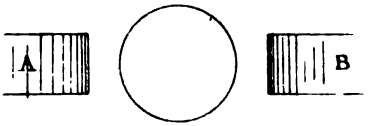



Fig. 3.

on pouvait donc s'attendre à voir diminuer l'action en fonction de l'angle, et c'est plutôt le contraire qui a lieu. Cela provient sans doute de la distribution des lignes de force dans le champ; les dimensions de l'ampoule étant grandes par rapport à celles de l'électro-aimant, elle se trouve influencée par des lignes qui ne sont pas parallèles. Voyons ce qui se passe pour une ampoule plus petite. L'ampoule employée était une petite sphère de 20 millimètres de diamètre environ, contenant de l'air à la pression de 2 millimètres; dans ces conditions, l'ampoule se trouve dans un champ magnétique dont les lignes de force allant de A à B sont parallèles; on a ainsi pu employer des plaques P et P′ de dimensions plus petites, ce qui a permis de faire des expériences pour un angle plus petit de l'axe des plaques avec les lignes de force.

Les résultats obtenus sont :

| Angles. | Distance des plaques sans électro. | Distance des plaques avec électro. |
|---|---|---|
| — | — | — |
| 90° | 8 | 5.8 |
| 65° | 8 | 6.5 |
| 45° | 8 | 6.9 |
| 30° | 8 | 7.3 |

En calculant ces expressions, on obtient :

| Angles. | |
|---|---|
| 90° | $\frac{1}{(8)^2} - \frac{1}{(5.8)^2} = 0.01215$ |
| 65° | $\frac{1}{(8)^2} - \frac{1}{(6.5)^2} = 0.00817$ |
| 45° | $\frac{1}{(8)^2} - \frac{1}{(6.9)^2} = 0.00538$ |
| 30° | $\frac{1}{(8)^2} - \frac{1}{(7.3)^2} = 0.00344.$ |

Les chiffres de la troisième colonne expriment la quantité d'énergie dont il faut augmenter l'espace entre les plaques pour obtenir la luminescence dans le champ magnétique. On voit que cette quantité est notablement plus grande pour l'angle de 90° que pour 30°; en d'autres termes, l'extinction dans le champ magnétique a lieu d'autant moins bien que l'angle de l'axe des plaques avec les lignes de force est plus petit.

En multipliant le chiffre relatif à 90° successivement par le carré du sinus des différents angles, on obtient :

$$0.0121 \times 0.81 = 0.0098$$
$$0.0121 \times 0.49 = 0.0059$$
$$0.0121 \times 0.25 = 0.0030.$$

Ces chiffres ne diffèrent pas sensiblement de ceux obtenus directement par l'expérience et indiqués dans le tableau qui précède immédiatement celui-ci; étant don-

nées les difficultés expérimentales, on peut considérer la relation comme vérifiée et dire que *l'action du champ magnétique influe sur la luminescence proportionnellement au carré du sinus de l'angle que font les lignes de force magnétique et électrique.*

La discussion théorique indiquera la raison de cette relation.

*Influence de la longueur d'onde.*

Une première série d'expériences a été faite au moyen de la disposition de Lecher, déjà décrite dans un autre travail (*); les recherches ont lieu de la manière suivante : Entre les pôles A et B se trouve la grande ampoule S; pour une distance explosive donnée, on détermine la distance des plaques P et P′ pour laquelle il y a extinction; ces plaques P et P′ sont reliées aux extrémités des fils de Lecher sur lesquels le pont se trouve placé. On obtient ainsi des vibrations assez régulières dont la longueur d'onde dépend des dimensions des appareils. On rapproche alors les plaques P et P′ à une distance $\delta'$, de manière à avoir une luminescence très nette; on lance ensuite un faible courant dans l'électro-aimant et l'on en augmente graduellement l'intensité jusqu'au moment où l'on obtient l'extinction.

On répète la même série d'opérations pour une autre longueur d'onde; on règle pour cette nouvelle longueur d'onde la distance explosive de manière à avoir extinction pour la même distance $\delta$ des plaques; on place alors

(*) *Mém. cour. et autres de l'Acad. roy. de Belgique*, collection in-8°, t. LV, 1897.

celles-ci à la distance $\delta'$ et l'on détermine l'intensité du courant qu'il faut lancer dans l'électro-aimant pour obtenir l'extinction. Le tableau suivant résume les expériences :

| Distance des plaques du condensateur en millimètres. | Longueur du fil en centimètres. | Longueur du fil jusqu'au pont. | Courant en ampères pour lequel il y a extinction. |
|---|---|---|---|
| — | — | — | — |
| 30 | 410 | 310 | 13.5 |
| 10 | 3450 | 2560 | 12.5 |

*D'après cela, la luminescence d'un gaz s'éteint d'autant plus facilement dans un champ magnétique que la longueur d'onde est plus grande.*

Les expériences ont encore été faites d'une manière analogue, mais en employant la disposition de Tesla. Les plaques P et P' sont alors reliées aux extrémités des fils de la spirale induite; en faisant varier le nombre des bouteilles de Leyde, on augmente ou on diminue la vitesse des vibrations. On a soin de toujours opérer pour des mêmes quantités d'énergie en réglant la distance explosive de manière à avoir l'extinction pour une même distance des plaques P, P', et l'on procède comme pour les expériences avec la disposition de Lecher.

On obtient ainsi :

| Nombre de bouteilles. | Ampères nécessaires pour obtenir l'extinction. |
|---|---|
| — | — |
| 12 | 12 |
| 4 | 14 |
| 3 | 18 |
| 2 | 20 |

La longueur d'onde décroît avec la capacité ou le nombre de bouteilles de la batterie; ici encore, on voit que l'extinction se fait plus facilement pour les grandes longueurs d'onde.

### *Influence de la nature des gaz.*

L'hydrogène, l'air, le chlore et l'anhydride carbonique à l'état raréfié présentent qualitativement les mêmes phénomènes dans le champ magnétique, c'est-à-dire que la distribution de la luminescence a lieu de la même manière; mais quantitativement, il y a des différences très grandes : *l'extinction de la luminescence sous l'influence de l'électro-aimant a lieu d'autant plus facilement que le poids moléculaire du gaz est plus petit.*

Les expériences ont été faites de la manière suivante :

Dans le réservoir S on a introduit successivement les différents gaz à la pression de 5 millimètres.

Il convient de prendre une pression relativement grande afin de diminuer les erreurs d'expérience.

On a cherché ensuite pour une même énergie électrique la distance à laquelle il faut mettre les plaques P et P′ pour obtenir l'extinction de la luminescence sans champ magnétique; enfin on répète les expériences dans le champ magnétique. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

| | Distance des plaques | | |
|---|---|---|---|
| | sans électro. | avec électro. | Différences. |
| | — | — | — |
| Hydrogène . . . . | 284 | 254 | 30 |
| Air . . . . . | 251 | 239 | 12 |
| Chlore . . . . . | 210 | 208 | 2 |
| Anhydride carbonique. | 200 | 209 | 1 |

Il n'est pas nécessaire de pousser plus loin les calculs, et il suffit de jeter un coup d'œil sur la colonne des différences pour voir que l'hydrogène est de beaucoup plus sensible à l'action du champ magnétique; le chlore et l'anhydride carbonique, pour la pression de 5 millimètres, subissent des influences à peine appréciables; ce n'est qu'à des pressions plus basses qu'ils se montrent très sensibles.

### *Influence du milieu.*

Afin de trouver la façon dont le magnétisme agit sur la luminescence des gaz, nous avons cru qu'il serait utile de rechercher l'influence du milieu sur les phénomènes; on sait, en effet, qu'un corps peut être magnétique, indifférent ou diamagnétique, suivant que le milieu ambiant est moins, égal ou plus magnétique que lui. Les expériences ont été faites au moyen de deux méthodes qui toutes deux ont donné des résultats analogues.

*Première méthode.* — Dans une petite éprouvette E on place une ampoule contenant de l'air raréfié ou tout autre gaz; l'ampoule est complètement baignée dans quelques centimètres cubes d'eau distillée; le fil F du transformateur de Tesla aboutit dans l'eau. Dans ces conditions, les vibrations électriques rendent l'ampoule lumineuse. L'éprouvette plonge elle-même dans un verre V où l'on met successivement les différents liquides dont on veut

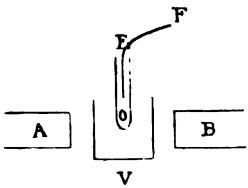


Fig. 4.

rechercher l'influence; ce verre est placé entre les pôles A et B de l'électro-aimant. L'ampoule étant faiblement lumineuse, on ajoute goutte à goutte à l'eau distillée de l'éprouvette une solution $^1/_{200}$ normale de soude caustique, jusqu'au moment où le tube s'éteint. On répète l'expérience, l'aimant étant faiblement excité et en mettant successivement dans le verre V différents liquides.

Dans la première colonne du tableau suivant se trouve indiquée la quantité de solution en centimètres cubes que l'on a dû ajouter pour éteindre l'ampoule sans champ magnétique; dans la troisième, le même chiffre pour le champ magnétique, et dans la deuxième, sous la lettre D, les constantes diélectriques des différents milieux.

| | Sans champ. | D. | Avec champ. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Air . . . . . | 1.3 | — | 0.1 |
| Alcool éthylique . . | 6.5 | 27 | 0.1 |
| Alcool propylique . . | 6.3 | 22.8 | 1.3 |
| Alcool amylique . . | 6.2 | 15.9 | 2.8 |
| Éther sulfurique . . | 5.1 | 4.3 | 1.8 |
| Sulfure de carbone. . | 3.7 | 1 | 0.8 |

On voit qu'entre les chiffres qui indiquent l'action sans champ magnétique et les constantes diélectriques, il y a un certain parallélisme; c'est du reste un fait que nous avons déjà constaté dans un autre travail (*).

Les chiffres de la première et de la deuxième colonne

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* t. XXXVII, 3e série, p. 22.

vont en décroissant; ceux de la troisième montrent que l'action dans le champ magnétique est toute différente : cette action est soumise à d'autres lois. Afin de trouver avec quelles propriétés de la matière ces chiffres sont en relation, rangeons-les par ordre de grandeur croissant, et mettons en regard la valeur $\mu$ du magnétisme moléculaire, ce qui donne :

| | | $\mu$. |
|---|---|---|
| Alcool éthylique. . . . | 0.1 | 473 |
| Sulfure de carbone. . . | 0.8 | 593 |
| Alcool propylique . . . | 1.3 | 637 |
| Éther sulfurique . . . | 1.8 | 820 |
| Alcool amylique. . . . | 2.8 | 961 |

Il y a ici un parallélisme évident entre l'action dans le champ magnétique et le magnétisme moléculaire $\mu$ du milieu dans lequel l'ampoule est plongée. Tous ces milieux sont diamagnétiques; *on déduit de là que plus le milieu dans lequel l'ampoule est plongée est diamagnétique, plus est faible l'action du champ.* Or on sait que l'action de l'aimant sur un corps diamagnétique est d'autant plus faible que le milieu est plus diamagnétique; on peut en conclure que dans le cas actuel, les gaz luminescents ou les molécules gazeuses se comportent comme des corps diamagnétiques.

La méthode employée présente cet inconvénient que l'on met dans l'éprouvette E une solution qui est aussi plus ou moins sensible à l'aimant, ce qui peut entacher les résultats d'erreurs. Nous avons eu soin de nous assurer que les erreurs pouvant provenir de ce fait sont négligeables. A cet effet, nous avons employé successivement

des solutions de chlorure ferrique et de soude caustique, dont les propriétés magnétiques sont très différentes ; nous avons obtenu ainsi :

| | Quantité de chlorure ferrique. | |
|---|---|---|
| Alcool amylique. . . . | 12.5 | rapport = 3.1. |
| Alcool méthylique . . . | 4 | |

| | Quantité de soude caustique. | |
|---|---|---|
| Alcool amylique. . . . | 1.8 | rapport = 3. |
| Alcool méthylique . . . | 0.6 | |

Si les quantités absolues du sel ajoutées ne sont pas les mêmes, cela provient de la différence de concentration; ce qu'il importe de considérer, ce sont les rapports : on voit qu'ils peuvent être considérés comme les mêmes.

Malgré la certitude des résultats précédents, nous avons encore employé une autre méthode.

*Deuxième méthode.* — Au lieu d'être mise dans l'éprouvette E, l'ampoule est directement suspendue dans le verre V; le fil de la bobine de Tesla aboutit dans ce verre et rend l'ampoule lumineuse.

Pour une intensité électrique déterminée, la même dans toutes les expériences, on mesure le courant qu'il faut lancer dans l'électro-aimant pour obtenir l'extinction; on opère de la même manière pour différents milieux. On obtient ainsi :

| | Extinction par ampères. | Magnétisme moléculaire $\mu$. |
|---|---|---|
| | — | — |
| Alcool méthylique . . . | 7 | 507 |
| Alcool éthylique. . . . | 11 | 473 |
| Sulfure de carbone. . . | 11.5 | 593 |
| Alcool propylique . . . | 12 | 637 |
| Éther sulfurique . . . | 13 | 820 |
| Alcool amylique. . . . | 14 | 961 |

Ces résultats confirment les précédents, c'est-à-dire que l'action du champ magnétique décroît lorsque le diamagnétisme du milieu croît.

### *Solutions salines.*

Nous avons fait quelques expériences en nous servant comme milieu des solutions salines; celles-ci ne peuvent être employées que très diluées, sinon il est impossible de rendre les tubes lumineux. Nous avons préparé des solutions diluées de chlorure ferrique, de nitrate de cobalt et de soude caustique. Ces trois solutions avaient la même conductibilité électrolytique, c'est-à-dire un pouvoir égal d'extinction; elles ont été placées successivement dans le verre V, où l'ampoule était immergée. A notre grande surprise, l'extinction a eu lieu dans le champ magnétique pour la même intensité de courant, c'est-à-dire la même force magnétique.

Dans le cas des solutions salines, des sels qui, au point de vue magnétique, ont les propriétés les plus différentes, semblent avoir la même action sur le champ. Ce résultat

bizarre n'est qu'illusoire. En effet, comme nous l'avons dit, on ne peut employer que des solutions très diluées; dans ces conditions, l'action du sel est NÉGLIGEABLE en comparaison de celle de l'eau, comme j'ai pu m'en assurer directement en suspendant entre les pôles de l'électro-aimant un tube en verre contenant les solutions; le magnétisme de la petite quantité de chlorure ferrique et de nitrate de cobalt dissoute est négligeable en comparaison du diamagnétisme de l'eau; le tube contenant ces solutions s'est placé équatorialement dans le champ, comme le font les substances diamagnétiques. La différence de l'action d'une solution à l'autre est moindre que les erreurs d'expérience.

*Influence sur les réactions chimiques.*

Dans un autre travail (*), nous avons recherché si le magnétisme avait une action sur les réactions chimiques qui ont lieu sous l'influence des vibrations électriques; les résultats obtenus alors ont été négatifs, parce que les vibrations électriques employées étaient trop fortes, comparées à l'intensité du champ magnétique. En opérant dans des conditions plus favorables, nous avons obtenu des résultats positifs; ceci était à prévoir, étant donné les relations qui existent d'une part entre la luminescence, les vibrations électriques et les réactions chimiques, et, d'autre part, les rapports qui existent entre l'action du magnétisme et la luminescence.

---

(*) *Mém. cour. et autres de l'Acad. roy. de Belgique*, collection in-8°, t. LV, 1896.

Dans la grande ampoule de 7 centimètres (fig. 3) de diamètre, nous avons mis du mélange tonnant à la pression de 5 millimètres; nous avons réglé la distance des plaques P et P′ de manière à avoir l'extinction de toute luminescence lorsque l'électro-aimant était excité, et une luminescence très nette pour la même distance des plaques lorsque l'électro-aimant n'était pas excité. Après une heure d'effluves dans le champ magnétique, nous n'avons pas constaté de contraction appréciable dans l'ampoule, c'est-à-dire que le niveau du mercure est resté fixe; au bout d'une nouvelle heure d'effluves sans champ magnétique, le niveau du mercure est monté d'une manière très appréciable, dénotant ainsi la formation de l'eau, immédiatement absorbée par quelques gouttes d'acide sulfurique mises au préalable dans l'ampoule.

*En résumé, si l'on se place dans certaines conditions pour la même intensité de vibrations électriques, la combinaison chimique du gaz tonnant a lieu ou n'a pas lieu, suivant qu'il est placé en dehors, ou dans le champ magnétique.*

Ces expériences pourront être étendues à d'autres combinaisons chimiques, mais il est à prévoir que l'on trouvera des résultats analogues.

## Discussion théorique.

Nous allons exposer quelles sont les hypothèses qui expliquent le mieux les faits observés et les relient aux phénomènes déjà connus.

Un grand nombre de savants admettent qu'une couche d'éther plus ou moins condensée se trouve à la surface

des molécules; d'autre part, les phénomènes électriques et lumineux s'expliquent par des modifications de l'éther; c'est en partant de ces idées fondamentales que l'on a aussi cherché à expliquer les effets du magnétisme, de la polarisation rotatoire magnétique, et plus récemment l'action du champ magnétique sur les lignes spectrales trouvée par Zeeman. Rappelons brièvement quelques-unes de ces théories.

Weber admet qu'autour des molécules circulent des courants électriques; ceux-ci ont lieu dans tous les sens. Lorsqu'on met un corps susceptible de se magnétiser dans un champ magnétique, ces courants s'orientent et le corps lui-même se magnétise.

Pour expliquer le diamagnétisme, Weber admet que les corps présentent autour de leurs molécules des espaces parfaitement conducteurs. Quand un courant y sera éveillé par induction, il y persistera infiniment, puisqu'il n'aura aucune résistance à vaincre, aucun travail à effectuer. Supposons, pour fixer les idées, que les circuits moléculaires ne soient traversés par aucun courant et que le corps soit subitement placé dans un champ magnétique. Les courants induits qui pourront y prendre naissance circuleront dans le sens opposé à celui que devrait posséder un solénoïde magnétique pour se placer suivant les lignes de force du champ, c'est-à-dire en sens contraire des courants moléculaires d'ampères nécessaires à l'explication de l'influence magnétique. Donc, une aiguille formée de la substance diamagnétique se placera transversalement aux lignes de force du champ. Quand on viendra à supprimer le champ magnétique, l'induction se produira en sens contraire et développera des courants induits moléculaires neutralisant les premiers.

Pour expliquer le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique, Maxwell doit avoir recours à l'hypothèse des tourbillons moléculaires; il admet que les molécules matérielles sont le siège d'un mouvement de rotation dont l'axe est parallèle à celui des lignes de force magnétique. On peut aussi arriver aux mêmes résultats en prenant pour point de départ le phénomène de Hall, comme l'a fait M. Rowland.

En ce qui concerne le signe de la rotation du plan de polarisation, il est encore utile d'appeler l'attention sur ce fait qu'elle n'a pas lieu dans le même sens suivant que les substances sont magnétiques ou diamagnétiques; ce phénomène présente pourtant des exceptions. On sait également que la rotation est à peu près en raison inverse du carré de la longueur d'onde. La théorie de Maxwell contient, comme M. Poincaré l'a montré, des difficultés qui ne sont pas aisées à vaincre. M. Potier a donné une théorie plus satisfaisante; elle est basée sur les hypothèses suivantes :

1° La matière pondérable participe dans une certaine mesure, variable avec la longueur d'onde, au mouvement de l'éther;

2° Les molécules d'un corps pondérable deviennent de véritables aimants sous l'action d'un champ magnétique.

Nous en arrivons enfin aux phénomènes de Zeeman, dont les lois peuvent se résumer comme suit :

1° Lorsque le rayon lumineux est observé dans le sens des lignes de force magnétique, la ligne spectrale unique peut être dédoublée; on y observe des phénomènes de polarisation rotatoire qui prouvent qu'il y a des rotations

dans l'éther dans un plan perpendiculaire aux lignes de force;

2° Lorsque l'observateur est placé dans un plan perpendiculaire aux lignes de force, les rotations étant vues dans leur plan, il n'observe que de simples polarisations.

Lorentz a donné la théorie de ces phénomènes en faisant diverses hypothèses qui, en dernière analyse, se résument à des mouvements de l'éther.

Voyons maintenant jusqu'à quel point les faits nouveaux que nous avons trouvés, confirment les diverses théories formulées jusqu'à présent, et comment il convient de les modifier et de les préciser. Nous laisserons d'abord de côté les phénomènes que l'on observe dans les gaz très raréfiés, ceux-ci étant de tout autre nature; nous nous en occuperons après.

### *Influence de la position des plaques.*

Un gaz raréfié rendu luminescent au moyen de vibrations électriques se comporte comme un conducteur métallique. On peut admettre que l'éther condensé à la surface des molécules acquiert alors les propriétés d'un conducteur, et que, sous l'influence des vibrations, cette atmosphère devient le siège des courants circulaires, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; la molécule elle-même peut participer plus ou moins à ce mouvement : c'est un point qui devra encore être éclairci.

Supposons maintenant l'axe des plaques P et P′ perpendiculaire aux lignes de force magnétique; le plan des courants circulaires des diverses molécules passe par les lignes de force électrique; il peut faire un angle qui

varie de 0 à 90° avec les lignes de force magnétique. Supposons le gaz luminescent; lançons le courant dans l'électro-aimant : le champ magnétique ainsi produit induira dans la couche d'éther des courants inverses, comme dans le cas de la théorie du diamagnétique de Weber. Le champ magnétique contrariera également les courants de rotation produits par les vibrations électriques, qui sont des courants variables; les déplacements de l'éther étant ainsi contrariés, l'action des vibrations se fera moins sentir et l'extinction se produira.

L'induction est la plus intense pour les molécules dont l'angle du plan des rotations circulaires fait 90° avec les lignes de force magnétique; elle va en diminuant jusqu'à être nulle, lorsque ce plan passe par les lignes de force.

Supposons maintenant que l'axe des plaques P et P' coïncide avec celui des lignes de force magnétique ; dans ce cas, tous les plans de rotation des courants circulaires passant par des lignes de force, il n'y aura plus d'induction, par suite plus d'extinction; c'est en effet ce que nous avons observé. Les hypothèses précédentes expliquent bien pourquoi l'action du magnétisme sur l'extinction de la luminescence est nulle lorsque l'axe des plaques P, P' coïncide avec les lignes de force magnétique, et est maximum lorsqu'il est perpendiculaire à ces lignes de force. Voyons ce qui se passe pour les positions intermédiaires.

Supposons d'abord que les molécules soient immobiles dans l'espace; à mesure que l'angle de l'axe des plaques P, P' avec les lignes de force magnétique diminue, le courant circulaire coupe un plus petit nombre de lignes de force. Si N est le nombre des lignes coupées

par la position à 90° et si $\alpha$ est l'angle de l'axe avec les lignes de force magnétique, N sin $\alpha$ sera le nombre de lignes coupées pour cet angle. Les molécules ne sont pas immobiles; supposons que, soumises à des vibrations électriques, elles se meuvent et vibrent dans une direction qui coïncide avec celle des forces électriques : on voit alors que le nombre des lignes de force coupées par suite de leur mouvement variera aussi avec le sinus de l'angle $\alpha$; par suite, *l'action totale sera proportionnelle à* $(\sin \alpha)^2$*; c'est ce que nous avons trouvé précédemment.*

On arrive à la formule et à ces conclusions en supposant que sous l'action des vibrations électriques, le mouvement des molécules est plus ou moins orienté, et qu'elles vibrent dans le sens des lignes de force électrique. Ceci suppose un entraînement des particules matérielles par l'éther. L'ensemble des faits connus nous permet de croire qu'il en est réellement ainsi; en effet, Fizeau a démontré l'entraînement de l'éther par la matière; en vertu du principe de l'action et de la réaction, on peut supposer qu'à son tour l'éther peut entraîner la matière; sans une certaine adhérence entre ces deux agents, on expliquerait difficilement les actions si multiples qu'ils exercent l'un sur l'autre.

L'expérience bien connue de de la Rive justifie encore l'hypothèse du mouvement des particules dans le sens des lignes de force électrique; en effet, cette expérience montre que sous l'action d'un pôle magnétique, les gaz raréfiés prennent un nouvement de rotation, précisément comme si les particules électrisées se mouvaient dans le sens des lignes de force. Si dans nos

expériences on n'a pas observé de rotation, c'est parce que les molécules étant soumises à des vibrations électriques, leur mouvement avait lieu tantôt dans l'un sens, tantôt dans l'autre.

D'après ce qui précède, il est aisé de comprendre pourquoi, lorsqu'on emploie une ampoule dont les dimensions sont grandes par rapport à celles des pôles de l'électro-aimant, la loi du carré du sinus de l'angle n'est plus vérifiée : c'est parce que dans ce cas les lignes de force qui influencent le gaz ne sont plus parallèles ; du centre à la périphérie de l'ampoule, l'angle $\alpha$ va en croissant.

Les autres phénomènes que l'on observe dans les gaz luminescents sont aussi faciles à expliquer si l'on admet que l'action du magnétisme est due à l'effet qu'il exerce sur l'atmosphère d'éther de chaque molécule ; parmi ceux-ci, il convient d'abord de citer le fait que la luminescence homogène se transforme dans certains cas en luminescence partielle située à la périphérie de l'ampoule dans un plan équatorial ; ceci résulte de ce que le champ magnétique n'est pas homogène, la région la plus proche des pôles et celle située dans l'axe de ceux-ci doivent nécessairement devenir obscures d'abord, l'intensité magnétique étant maximum en ce point et agissant le plus énergiquement sur les molécules situées dans ces régions. Lorsque l'intensité du champ augmente, toutes les molécules subissent une influence suffisante pour qu'il y ait extinction complète.

*Influence de la pression.*

Nous avons trouvé que l'influence du magnétisme croît rapidement lorsque la pression du gaz diminue; ce phénomène est la conséquence de diverses influences: 1° plus la pression du gaz diminue, plus est grande l'énergie magnétique par molécules; 2° plus la pression diminue, plus les molécules se meuvent librement sous l'influence des vibrations électriques, plus est grand le nombre de lignes de force coupées par une molécule; 3° plus la pression diminue, moins nombreux sont les chocs entre les molécules, plus énergiquement se manifestent les influences purement électro-magnétiques. L'accroissement de l'influence du magnétisme avec la diminution de la pression dépend donc de trois causes; c'est pour ce motif qu'il est difficile de trouver la loi quantitative du phénomène, qui est nécessairement complexe.

*Influence de la nature de la substance.*

L'influence de la nature de la substance doit se trouver en relation intime avec celle de la pression.

En effet, nous avons vu que la sensibilité de l'extinction de la luminescence des gaz sous l'influence du magnétisme croît rapidement lorsque le poids moléculaire diminue. Ce phénomène provient sans doute de ce que, plus les molécules sont légères, plus elles se meuvent aisément sous l'influence des forces électriques, plus est

grand le nombre de lignes de force qui sont coupées. Plus les molécules sont légères, plus aussi sont intenses les courants rotatoires, plus sont forts les phénomènes d'induction magnétique.

### *Influence de la longueur d'onde.*

Nous avons vu que l'action du magnétisme croît avec la longueur d'onde électrique. Voici comment ce fait expérimental peut s'expliquer : plus la longueur d'onde électrique est courte, plus est grande la transformation de l'énergie électrique en radiation lumineuse. Le magnétisme agit sur les courants rotatoires et indirectement sur ces radiations lumineuses; on conçoit que si celles-ci sont plus faibles pour les grandes longueurs d'onde, l'on obtiendra plus facilement l'extinction.

### *Influence du milieu.*

Nous avons trouvé que plus le milieu dans lequel l'ampoule est plongée est diamagnétique, plus est faible l'action du champ; or, d'après les hypothèses que nous avons faites, les courants circulaires induits dans le champ sont dans une direction telle qu'ils tendent à faire se comporter les molécules comme un corps diamagnétique; par suite, l'action du champ diminuera à mesure que l'ampoule sera plongée dans un milieu plus diamagnétique; c'est ce que nous avons trouvé.

*En résumé, les phénomènes observés pour les gaz raréfiés,*

*mais dont le degré de raréfaction n'est pas encore celui du vide de Crookes, s'expliquent très bien par les hypothèses que nous avons faites, et qui consistent à admettre que les molécules sont enveloppées d'une atmosphere d'éther conductrice, que la matière participe plus ou moins au mouvement de l'éther, que sous l'influence des vibrations électriques, il se produit des courants circulaires d'une orientation déterminée, que ces courants et que les mouvements de l'éther sont contrariés par les courants induits dans un champ magnétique.*

Il est aisé de voir que ces faits concordent avec la théorie des diamagnétiques de Weber, avec les hypothèses de M. Potier pour expliquer la polarisation rotatoire magnétique, hypothèses qui conduisent à une interprétation mathématique satisfaisante, et enfin ont des relations intimes avec le phénomène de Zeeman, où l'on a reconnu l'existence de courants circulaires dans un plan perpendiculaire aux lignes de force magnétique.

Avant d'aborder l'étude théorique des gaz très raréfiés, nous rappellerons les intéressantes recherches de M. Witz (*), qui a étudié la résistance électrique des gaz raréfiés placés dans un champ magnétique. Cet auteur a trouvé que la résistance est maximum lorsque l'axe du tube est perpendiculaire aux lignes de force magnétique; elle est faible et peut être nulle lorsqu'il leur est parallèle. Lorsque la pression des gaz croît, l'influence du magnétisme diminue; l'influence varie avec la nature des gaz; enfin, elle n'est pas la même pour tous les points des tubes.

---

(*) *Journal de physique*, 1891, t. X, p. 68.

Rapprochant ces résultats des conclusions auxquelles nous sommes arrivé, nous pourrons en déduire quelques éclaircissements sur le mécanisme du passage de l'électricité au travers des gaz.

Puisque la résistance des tubes à gaz raréfié est maximum lorsque la force électrique est perpendiculaire à la direction des lignes de force, c'est-à-dire lorsque l'induction magnétique sur les perturbations qui peuvent naître dans l'atmosphère d'éther qui entoure les molécules est maximum, il faut en déduire que ces perturbations jouent un grand rôle dans le passage de l'électricité au travers des gaz. Ce passage ne semble avoir lieu que lorsque, sous l'influence des tensions électriques, l'éther, les molécules et les atomes dans la molécule ont atteint un certain état vibratoire; toute cause contrariant ces mouvements vibratoires augmente aussi la résistance des tubes.

### *Tubes à air très raréfié.*

Comme nous l'avons dit, les phénomènes qui se présentent dans des tubes à air très raréfié sont fort différents. On observe dans les ampoules un mouvement de rotation. Le gaz tourne dans le champ magnétique comme une roue de Barlow dont le courant va du centre à la périphérie. Dans le cas actuel, il ne peut être question d'un courant du centre à la périphérie : il faut chercher une autre explication. On la trouve aisément si l'on admet l'exactitude des expériences de Rowland, qui a démontré que le transport mécanique d'une charge électrostatique, alors même qu'il n'est pas accompagné du

transport en sens inverse d'une charge opposée, équivaut à un courant dirigé dans le même sens ou en sens inverse suivant que l'électricité est positive ou négative.

On arrive aisément à expliquer les phénomènes si l'on admet que dans les gaz très raréfiés il y a des particules négatives qui se meuvent de la périphérie au centre de l'ampoule. Beaucoup de travaux nous permettent de croire qu'il en est réellement ainsi; parmi ceux-ci, il faut citer particulièrement ceux de J.-J. Thomson (*), dont les expériences démontrent, d'une manière assez satisfaisante, que les rayons cathodiques sont formés de particules très petites, électrisées négativement. Dans le cas de nos expériences, sous l'influence des vibrations électriques, la surface de l'ampoule serait alternativement anode et cathode; lorsque cette surface joue le rôle de cathode, les particules électrisées négativement qui constituent les rayons cathodiques étant dirigés vers le centre de l'ampoule, équivalent à un courant allant du centre à la périphérie, et par suite on doit observer une rotation dans le sens que nous avons indiqué.

### *Influence sur les réactions chimiques.*

Nous avons vu que, dans le champ magnétique, les réactions chimiques qui ont lieu sous l'influence de l'effluve peuvent être partiellement ou totalement entravées. Comme nous avons démontré que l'action du magnétisme s'exerçait sur l'atmosphère d'éther qui

(*) *Philos. Mag.*, 1897, t. II, p. 293.

entoure les molécules, *il faut en conclure que les mouvements de celle-ci jouent un grand rôle dans les réactions chimiques qui ont lieu sous l'influence des vibrations électriques.* Ce sont sans doute les mouvements de l'éther qui déterminent la rupture des molécules en atomes prêts à réagir les uns sur les autres. Ces faits ne peuvent aussi s'expliquer qu'en admettant l'attraction réciproque de l'éther et de la matière.

Gand, avril 1899.

---

EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE. — *Rapport préliminaire sur les sondages de la* BELGICA; par Henryk Arctowski.

L'expédition antarctique belge a eu l'avantage de parcourir une région dans laquelle des recherches bathymétriques n'ont pas encore été faites.

Les sondages de la *Belgica*, quoique peu nombreux, offrent un intérêt tout particulier à cause de ce fait qu'ils ne sont pas éparpillés au hasard.

Sur notre route des canaux de la Terre de Feu à l'archipel de Dirck Gherritz, nous avons obtenu une coupe transversale de ce grand « canal antarctique » qui sépare l'extrémité des Andes de l'une des protubérances de l' « Antarctide », ce continent hypothétique de Murray, de Reclus et d'autres. Cette ligne de sondages joint l'île des États à l'île Livingstone; elle est dirigée, à peu de chose près, suivant le méridien.

D'un autre côté, au delà du cercle polaire et à l'ouest du massif des terres d'Alexandre Ier, nous avons pu

mesurer toute une série de profondeurs grâce à la dérive que subissait le bateau emprisonné dans le « pack ».

La liste des points sondés sur notre route vers le sud est fournie par le tableau suivant :

TABLEAU I.

| DATE. | PROFONDEUR. | LATITUDE. | LONGITUDE. | NUMÉRO. |
|---|---|---|---|---|
| | Mètres. | | | |
| 14 janvier 1898. . . | 296 | 54°51′ | 63°37′ W. | 1 |
| 14 janvier 1898. . | 1,564 | 55°03′ | 63°29′ | 2 |
| 15 janvier 1898. . . | 4,040 | 55°51′ | 63°19′ | 3 |
| 16 janvier 1898. . . | 3,850 | 56°49′ | 64°30′ | 4 |
| 18 janvier 1898. . . | 3,800 | 59°58′ | 63°12′ | 5 |
| 19 janvier 1898. . . | 3,690 | 61°05′ | 63°04′ | 6 |
| 20 janvier 1898. . . | 2,900 | 62°02′ | 61°58′ | 7 |
| 20 janvier 1898. . . | 1,880 | 62°11′ | 61°37′ | 8 |
| 28 janvier 1898. . . | 625 | 64°23′ | 62°02′ | 9 |

Le tableau II donne les sondages compris dans le cercle polaire entre 70° et 103° de longitude ouest de Greenwich.

# TABLEAU II.

| DATE. | PROFONDEUR. | LATITUDE. | LONGITUDE. | NUMÉRO. |
|---|---|---|---|---|
| | Mètres. | | | |
| 16 février 1898 . . . | 135 | 67°59′ | 70°40′ W. | 10 |
| 19 février 1898 . . . | 480 | 69°06′ | 78°21′ | 11 |
| 23 février 1898 . . . | 565 | 69°46′ | 81°08′ | 12 |
| 24 février 1898 . . . | 510 | 69°31′ | 81°31′ | 13 |
| 25 février 1898 . . . | 2,700 | 69°17′ | 82°25′ | 14 |
| 27 février 1898 . . . | 2,600 | 69°24′ | 84°39′ | 15 |
| 27 février 1898 . . . | 1,730 | 69°41′ | 84°43′ | 16 |
| 1er mars 1898 . . . | 570 | 71°06′ | 85°23′ | 17 |
| 1er mars 1898 . . . | 520 | 71°17′ | 85°43′ | 18 |
| 2 mars 1898 . . . | 460 | 71°31′ | 85°16′ | 19 |
| 4 mars 1898 . . | 530 | 71°22′ | 84°55′ | 20 |
| 5 mars 1898 . . . | 520 | 71°19′ | 85°29′ | 21 |
| 9 mars 1898 . . . | 554 | 71°23′ | 85°33′ | 22 |
| 20 mars 1898 . . . | 390 | 71°35′ | 88°02′ | 23 |
| 22 avril 1898 . . . | 480 | 71°02′ | 92°03′ | 24 |
| 26 avril 1898 . . . | 410 | 70°50′ | 92°22′ | 25 |

| DATE. | PROFONDEUR. | LATITUDE. | LONGITUDE. | NUMÉRO. |
|---|---|---|---|---|
| | Mètres. | | | |
| 4 mai 1898. . . . | 1,150 | 70°33′ | 89°22′ | 26 |
| 5 mai 1898. . . . | 730 | — | — | 27 |
| 10 mai 1898. . . . | 460 | — | — | 28 |
| 20 mai 1898. . . . | 435 | 71°16′ | 87°38′ | 29 |
| 26 mai 1898. . . . | 436 | 71°13′ | 87°44′ | 30 |
| 2 septembre 1898 . | 502 | 70°00′ | 82°45′ | 31 |
| 9 septembre 1898 . | 510 | 69°51′ | 82°36′ | 32 |
| 14 septembre 1898 . | 480 | 69°53′ | 83°04′ | 33 |
| 22 septembre 1898 . | 485 | 70°23′ | 82°31′ | 34 |
| 26 septembre 1898 . | 485 | 70°21′ | 82°52′ | 35 |
| 29 septembre 1898 . | 480 | 70°21′ | 82°39′ | 36 |
| 7 octobre 1898 . . | 480 | 70°30′ | 82°48′ | 37 |
| 16 octobre 1898 . . | 532 | 69°59′ | 80°54′ | 38 |
| 19 octobre 1898 . . | 580 | 70°01′ | 81°45′ | 39 |
| 24 octobre 1898 . . | 537 | 69°43′ | 80°51′ | 40 |
| 2 novembre 1898. . | 518 | 69°51′ | 81°24′ | 41 |
| 10 novembre 1898. . | 490 | 70°09′ | 82°35′ | 42 |

| DATE. | PROFONDEUR. | LATITUDE. | LONGITUDE. | NUMÉRO. |
|---|---|---|---|---|
| | Mètres. | | | |
| 28 novembre 1898. . | 459 | 70°20′ | 83°23′ | 43 |
| 20 décembre 1898. . | 569 | 70°15′ | 84°06′ | 44 |
| 22 décembre 1898. . | 645 | 70°19′ | 84°51′ | 45 |
| 27 décembre 1898. . | 630 | 70°20′ | 85°52′ | 46 |
| 29 décembre 1898. . | 660 | 70°15′ | 85°51′ | 47 |
| 31 décembre 1898. . | 950 | 70°01 | 85°20′ | 48 |
| 2 janvier 1899. . . | 1,360 | 69°52′ | 85°13′ | 49 |
| 4 janvier 1899. . . | 1,470 | 69°50′ | 85°12′ | 50 |
| 7 janvier 1899. . . | 1,490 | 69°52′ | 85°32′ | 51 |
| 10 février 1899. . . | 1,166 | 70°34′ | 93°17′ | 52 |
| 19 février 1899. . . | 1,740 | 70°30′ | 94°12′ | 53 |
| 2 mars 1899 . . . | 430 | 70°53 | 97°17′ | 54 |
| 5 mars 1899 . . . | 425 | 70°51′ | 97°57′ | 55 |
| 12 mars 1899 . . . | 564 | 70°56′ | 100°18′ | 56 |
| 13 mars 1899 . . . | 1,195 | 70°50′ | 102°14′ | 57 |
| 14 mars 1899 . . . | 2,800 | — | — | 58 |
| 23 mars 1899 . . . | 4,800 | 56°28′ | 84°46′ | 59 |

La carte (*) sur laquelle se trouvent reportées les profondeurs, nous montre les relations bathymétriques de la région que nous avons parcourue.

Au point de vue bathymétrique, les découvertes de l'expédition sont, comme la carte nous le démontre :

1° Une cuvette profonde et à fond plat entre le versant méridional des Andes et le système montagneux formant la charpente des terres visitées par l'expédition;

2° De part et d'autre, une forte pente démarquant le plateau continental;

3° L'existence d'un plateau continental à l'ouest des terres d'Alexandre et au sud du 71° parallèle.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Bambeke* (*Ch. Van*). Quelques considérations sur la marche de l'histologie depuis vingt-cinq ans. Conférence faite le 16 avril 1899, à l'occasion de la célébration de mon 70e anniversaire. Gand, 1899; extr. in-8° (16 p.).

*Meunier* (*F.*). Sur des Conopaires de l'ambre tertiaire. Paris, 1899; extr. in-8° (2 p.).

*État Indépendant du Congo*. Annales du Musée du Congo, série II, Zoologie : Poissons nouveaux, par G.-A. Boulenger, tome Ier, fasc. 3, 1899.

— Série III, Ethnographie et Anthropologie : Les collections ethnographiques du Musée du Congo, par Th. Masui, tome Ier, fasc. 1, 1899.

(*) Cette carte manuscrite avait été envoyée avec le décalque à l'auteur, alors à Paris, pour en avoir le bon à clicher. Sur ma demande de ravoir au plus tôt ces pièces, M. Arctowski m'a répondu qu'elles ont été égarées. N'ayant plus l'original, il m'est impossible de reproduire cette carte.

*Le Secrétaire perpétuel,*
Chev. EDM. MARCHAL.

## ALLEMAGNE.

*Gessmann* (*Gustave-W.*). Die Geheimsymbole der Chemie und Medicin des Mittelalters. Gratz, 1899; in-8° (XIII-67 p. et 119 tableaux lithographiés).

KLAGENFURT. *Naturhistorisches Landes-Museum.* Jahrbuch, 25. Heft, 1899.

—

## AMÉRIQUE.

WASHINGTON. *U. S. Geological Survey.* Annual Report 1896-97, part 2 and 5. 3 vol. in-4°.

— *Department of Agriculture.* Yearbook, 1898.

— *Smithsonian Institution.* Annual Report, 1897.

— *U. S. National Museum.* Proceedings, vol. XX, 1898.

—

## FRANCE.

*Albert Ier de Monaco* (*S. A. S. le Prince.*) Exploration océanographique aux régions polaires. Paris, 1899; extr. in-8° (12 p.).

— La première campagne scientifique de la « Princesse-Alice IIe ». Paris, 1899; extr. in-4° (4 p.).

*Bézy.* Statistique du service spécial des diarrhées d'été. Paris, 1899; in-8° (7 p.).

— Association scarlatino-varicelleuse chez l'enfant. Paris, 1899; extr. in-8° (14 p.).

*Barbarin* (*P.*). Géométrie générale des espaces. Paris, 1899; extr. in-8° (22 p.).

— Propriétés angulaires des cercles focaux dans les coniques. Paris, 1899; extr. in-8° (8 p.).

PARIS. *Société d'agriculture de France.* Mém., t. CXXXVIII, 1899.

— *Bureau international des poids et mesures.* Travaux et mémoires, t. IX, 1898. In-4°.

NICE. *Observatoire.* Annales, t. Ier, 1899. Vol. in-4° avec atlas in-plano.

---

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

BRISBANE. *Royal Society of Queensland.* Proceedings, vol. XIV, 1899.

GREENWICH. *Royal Observatory.* Observations, 1896. Astronomical results, 1896. Spectroscopic and photografic results, 1896 and 1897. In-4°.

LE CAP. *Observatory.* Annals, vol. I, 1898. In-4°.

— *Department of Agriculture.* Annual Report of theolocal Commission, 1897.

LONDRES. *Institution of civil engineers.* Minutes of proceedings, vol. CXXXV, 1899.

— *Entomological Society.* Transactions, 1898.

— *Royal astronomical Society.* Mémoires, vol. LII, 1896-1898; in-4°.

---

ITALIE.

*Lais (P. Giuseppe).* Tre nebulose fotografate alla specola Vaticana. Rome, 1899; gr. in-8° (14 p., 4 pl.).

MILAN. *Fondazione scientifica Cagnola.* Atti, vol. XV e XVI, 1896-1898.

— *Reale Istituto di scienze e lettere.* Rendiconti, vol. XXXI, 1898.

PISE. *Società Toscana di scienze naturali.* Atti, vol. XVI, 1898.

ROME. *Observatoire du Vatican.* Pubblicazioni della specola Vaticana, vol. I-V, 1891-1898; in-4°.

—

BATAVIA. *Government of Netherlands India.* Observations made at the Observatory, vol. XX, 1898; in-4°.

— Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië, 1897.

UTRECHT. *Genootschap van kunsten en wetenschappen.* Der geschlechtsreife Säugethiereierstock (C.-H. Stratz). La Haye, 1898; in-4°.

UTRECHT. Onderzoekingen in het physiologisch Laboratorium, 5de reeks, deel I, 1899.

AMSTERDAM. *Kon. Akademie van Wetenschappen.* Verslag van de vergadering der wis- en natuurkundige afdeeling, 1898-1899, deel VII, 1899.

—

PAYS DIVERS.

*Preudhomme de Borre.* Sur la distribution géographique des *Perissodactyla*, etc., par Carl Grevé. Genève, 1899; extr. in-8° (2 p.).

*Socolow* (*Serge*). Corrélations régulières du système planétaire, avec l'indication des orbites des planètes inconnues jusqu'ici.

*Guallart* (*Eug.*). Apuntes de analisis infinitesimal. Sarragosse, 1895; in-8° (15 p.).

— Pantógrafo-planímetro. Madrid, 1895; in-8° (8 p.).

— Determinación gráfica de las existencias de los montes. Madrid, 1896; in-8° (7 p., fig.).

— Aplicaciones del calculo gráfico. Evaluación de superficies planas y problemas de poligonometria. Madrid, 1897; in-8° (16 p., fig.).

*Guallart* (*Eug.*). The baro-cyclono-meter, 1898; in-8° (8 p. fig.).

BERNE. *Société helvétique des sciences*. Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, 28e et 33e livraisons.

NEUCHATEL. *Société de géographie*. Bulletin, t. XI, 1899.

— Monografia del planímetro de Contador y principalmente de los modelos Amsler y sus derivados. Madrid, 1898; in-18 (132 p., fig.).

*Fritsche* (*H.*). Die Elemente des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885, und ihre sæculären Aenderungen, berechnet mit Hülfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Coefficienten der Gaussischen « abgeleiteten Theorie des Erdmagnetismus ». Saint-Pétersbourg, 1899; in-8° (112 p.).

SAN FERNANDO. *Instituto y Observatorio de Marina*. Anales, 1897; in-4°.

GOTHEMBOURG. *Högskola*. Arsskrift, Band IV, 1898.

COPENHAGUE. *Institut météorologique*. Observations météorologiques nautiques, 1898. In-4°.

UPSAL. *Observatoire météorologique*. Bulletin, 1898; in-4°.

TRONDHJEM. *Det Kong, Norske Videnskabers Selskab*. Ti og et halvt Ars meteorologiske Iagttagelser, 1885-1895 (M. K. Hakonson-Hansen). 1896; in-4°.

BERGEN. *Museum*. Report on norwegian marine investigations 1895-1897, by Dr Johan Hjort, O. Nordgaard and Gran. 1899; in-4°.

MANILLE. *Observatorio*. La erupción del volcán Mayón (junio de 1897); par José Coronas. 1898; in-4° (55 p., cartes et figures).

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 7.

*Séance du 1er juillet 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, L. Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, Pol. Francotte et Fr. Deruyts, *correspondants.*

M. le général J. De Tilly écrit pour exprimer ses regrets de ne pouvoir assister à la séance.

— M. le Directeur adresse les félicitations de la Classe à M. Van der Mensbrugghe pour sa nomination, à l'unanimité, de membre honoraire de l'Institution royale de Londres, faite lors du centenaire de cette institution, auquel il assistait comme invité personnellement et comme délégué de l'Académie.

M. Van der Mensbrugghe, en remerciant, ajoute que cette flatteuse distinction, dont il s'honore, revient tout autant à la Classe entière en raison du rang honorable que celle-ci s'est acquis en Angleterre, comme il a pu l'apprécier lors de son séjour à Londres. *(Applaudissements.)*

M. Van der Mensbrugghe entretient ensuite la Classe au sujet des conférences de lord Rayleigh et du professeur Dewar, lesquelles figuraient à l'ordre du jour de la célébration du centenaire.

M. Dewar, dit-il, nous a fait voir plus d'un demi-litre d'hydrogène liquéfié à 210° au-dessous de zéro, en vase ouvert mais entouré d'une enveloppe contenant de l'air liquide. Malgré cette température si basse, les couches superficielles montraient une vive agitation, à cause d'une évaporation très rapide. Une goutte d'air liquide se solidifiait avant d'atteindre le fond du vase. Toutes les expériences étaient faites avec projections.

La conférence de M. Dewar, qui restera un événement très important dans l'histoire de la physique, a soulevé des applaudissements unanimes et réitérés. Lord Kelvin et le jubilaire de Cambridge, Sir G. Stokes, baronnet, ont successivement exprimé au grand physicien Dewar leur admiration pour ses splendides expériences,

et ils ont déclaré que celles-ci formeraient le digne couronnement scientifique du XIX$^{e}$ siècle, déjà si riche cependant en belles découvertes.

---

## CORRESPONDANCE.

M. le D$^{r}$ Vanlair remet pour l'*Annuaire* de l'Académie la notice nécrologique de M. le D$^{r}$ G. Gluge. — Remerciements.

— La *Connecticut Academy of Arts and Sciences*, de New Haven (États-Unis), annonce qu'elle célébrera, le 12 octobre prochain, le centième anniversaire de sa fondation.

La *Société centrale d'agriculture, sciences et arts du département du Nord, à Douai*, annonce également qu'elle célébrera le centième anniversaire de sa fondation, entre autres par une grande fête artistique et littéraire qui aura lieu les lundi 10 et mardi 11 juillet.

M. le Secrétaire perpétuel se fera l'organe de la Classe pour adresser des lettres de félicitations à ces institutions avec lesquelles l'Académie est en relations depuis nombre d'années.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la Bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des ouvrages suivants :

*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1898-99, 3$^{e}$ fascicule.

*La Cellule, recueil de cytologie*, tome XVI, 1$^{er}$ fascicule.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

*Kunstformen der Natur*, Lieferung 1 u. 2; par Ernest Haeckel, associé à Iéna;

*Das Licht, sein Ursprung und seine Funktion als Wärme, Elektricität, etc.*; par W. Klinckert;

a) *Étude de plusieurs anomalies intéressantes lors de la formation des globules polaires;* b) *Sur l'existence d'une atmosphère dans l'oocyte au stade d'accroissement;* c) *L'origine des premières cellules sanguines et des premiers vaisseaux sanguins dans l'aire vasculaire des chauves-souris;* par O. Van der Stricht;

a) *Contribution à l'étude physiologique de l'amitose;* b) *Signification physiologique de l'amitose;* par le Dr C. De Bruyne;

*Centenaire de l'invention de la pile électrique;* par M. de Schedling, conseiller de collège et chef de bureau à la direction générale des postes et des télégraphes de Russie, à Saint-Pétersbourg. — Remerciements.

M. le Secrétaire perpétuel, en présentant le numéro du *Journal des postes et des télégraphes de Russie* qui renferme l'article de M. de Schedling sur le *Centenaire de l'invention de la pile électrique*, croit devoir faire remarquer que ce fut à un membre de l'Académie, le professeur de chimie J.-B. Van Mons, de Louvain, que Volta communiqua en premier lieu sa découverte dans nos contrées. Van Mons l'imprima dans son *Journal de chimie et de physique* deux années avant qu'elle ne fût notifiée à la Société royale de Londres, dans la séance du 26 juin 1800, par Sir Joseph Banks, baronnet.

Van Mons qualifiait cette découverte de la PLUS UTILE QUI AIT JAMAIS ÉTÉ FAITE !

## PRIX CHARLES LEMAIRE.

(IVe période. — 1er juillet 1897 au 30 juin 1899.)

M. le Secrétaire perpétuel présente les ouvrages suivants, qu'il a reçus avant le 1er juillet, pour la quatrième période du concours dont le prix sera décerné à l'auteur du meilleur mémoire publié sur des questions relatives aux travaux publics :

*Defosse* (*Gustave*). A. Le canal maritime russe Riga-Chersson, joignant la mer Baltique à la mer Noire. Ixelles-Bruxelles, 1897; in-4°, 104 pages avec cartes. (2 exemplaires.)

B. *Idem*, in-8°, 21 pages. (2 exemplaires.)

*Janssens* (*Cyrille*). La construction et l'entretien des routes. Bruxelles, 1899, extr. in-8°, 32 pages, planche. (2 exemplaires.)

*Keelhoff* (*F.*). A. Note sur le travail des forces élastiques. Bruxelles, octobre 1897; extr. in-8°, 48 pages, planche. (2 exemplaires.)

B. *Idem*. Note complémentaire. Bruxelles, 1898; extr. in-8°, 15 pages, planche. (2 exemplaires.)

Le jury chargé de juger ce concours sera composé de MM. Brialmont et Van der Mensbrugghe, membres de la Classe, et de MM. Debeil, Lagasse-de Locht et Bovie, du corps des ponts et chaussées, dont le concours sera demandé à titre gracieux.

# RAPPORTS.

—

## *Description cristallographique du quartz de Quenast;* par D. Vanhove.

***Rapport de M. Renard, premier commissaire.***

« Le mémoire que M. Vanhove présente à l'Académie est extrait de son grand travail monographique sur les quartz de Belgique, qui fut soumis par l'auteur au jury du concours universitaire et apprécié à sa valeur par nos confrères qui faisaient partie de ce jury. Je puis donc me borner à un court aperçu des observations consignées dans le mémoire qui nous est soumis et qui porte l'empreinte d'un travailleur consciencieux et instruit, bien au fait des procédés d'investigation cristallographique.

M. Vanhove, après avoir donné les renseignements essentiels sur le gisement de cristaux de quartz de Quenast, énumère les différentes formes qu'il a observées : outre les formes ordinaires, il a constaté 12 rhomboèdres positifs, 9 rhomboèdres négatifs, 3 trapézoèdres positifs et 10 trapézoèdres négatifs, une face striée caractéristique répondant à un rhomboèdre négatif. Parmi ces formes, trois sont signalées pour la première fois; ce sont : $\lambda.... = \{\bar{2}.15.\overline{13}.2\}$, $n_4 = \{\bar{1}.10.\bar{9}.1\}$ et $b^{11/4} b^{11/4} b^1 = \{5\bar{1}\bar{4}9\}$.

Comme formes rares, l'auteur indique : $\zeta = \{53\overline{8}\overline{5}\}$, $n_3 = \{\bar{1}9\overline{8}1\}$ et $b^{3/4} = \{\bar{1}3\overline{2}5\}$.

. Vanhove donne la description cristallographique

générale de ces cristaux, et la fait suivre de la description détaillée de quelques échantillons. Tous les types cristallographiques du quartz sont représentés à Quenast; on y observe des cristaux, simples en apparence, droits et gauches, présentant tous les degrés de complication dans la combinaison des différentes formes. Certains de ces cristaux sont caractérisés par la présence de faces rhombes et de faces striées $\nabla$ ; d'autres permettent de reconnaître leur caractère droit ou gauche à la présence de faces de trapézoèdres positifs ou négatifs, isolées ou combinées; d'autres enfin sont maclés et se composent de deux ou de plus d'individus. M. Vanhove a constaté des macles suivant la loi ordinaire du quartz, suivant la loi de la macle du Brésil, et un cristal montre une macle suivant une face $\xi = \{11\bar{2}2\}$. La description de ce cristal est accompagnée de sa projection stéréographique, au moyen de laquelle l'auteur a calculé la valeur des angles formés par les faces analogues des deux individus de la macle et déterminé ainsi le plan de macle en question.

Cette monographie du quartz de Quenast est une contribution importante à la connaissance des minéraux du pays : je demande à l'Académie qu'elle veuille bien en voter l'impression, avec les figures qui l'accompagnent, dans les *Mémoires* in-4° et adresser des remerciements à l'auteur. »

—

***Rapport de M. Ch. de la Vallée Poussin, deuxième commissaire.***

« Le rapport précis de M. l'abbé Renard fait connaître d'une manière très suffisante l'origine et le caractère du travail cristallographique de M. Vanhove. Comme mem-

bre du jury pour le concours universitaire, j'avais pu apprécier le mérite très sérieux de la *Monographie des quartz de Belgique* dont le mémoire actuel est un extrait. J'ai lu pour la seconde fois cette description des quartz de Quenast. J'ai constaté que M. Vanhove l'avait perfectionnée, d'abord en retranchant de sa rédaction première quelques descriptions accompagnées de figures et qui n'offraient pas un intérêt suffisant, et en ajoutant, d'autre part, des observations nouvelles, en particulier celles d'un groupement de quartz suivant la face $\xi$, non encore signalé et dont la description termine le travail. Il décèle incontestablement un minéralogiste parfaitement au courant de la cristallisation si complexe et des macles du quartz ; je pense qu'il figurera avec honneur dans les *Mémoires* de l'Académie et je me rallie entièrement aux conclusions du premier commissaire. »

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

---

*Sur une lettre adressée par* M. A. Brachet.

**Rapport de M. P. De Moen.**

« Bien qu'en raison de sa forme, la lettre de M. Brachet ne puisse être insérée dans les *Bulletins* de l'Académie, celle-ci renferme une idée ingénieuse. L'auteur pense que si l'on entourait les lampes à arc d'un globe fluorescent, on accroîtrait l'intensité lumineuse de celles-ci. Cependant M. Brachet ne paraît pas se douter de la raison de la *possibilité* d'un succès, car, à première vue, ce globe absorbera une fraction de l'énergie lumineuse, mais d'autre part, *il pourrait* y avoir largement compensation

par la transformation de la radiation ultra-violette en radiation sensible pour l'œil.

J'exprime le souhait que des essais soient tentés dans cette direction. »

Ce rapport sera communiqué à l'auteur.

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. Henry donne lecture d'un travail sur *Stas et les lois de poids en chimie.*

Des applaudissements accueillent cette communication tout à l'éloge du chimiste que l'Académie a eu l'honneur de compter parmi ses plus illustres membres.

Sur la demande de ses confrères, M. Henry consent à voir inscrire cette lecture à l'ordre du jour de la séance publique de la Classe qui aura lieu le 16 décembre prochain. Conséquemment, ce travail ne figurera que dans le *Bulletin* du mois de décembre.

*Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides* (quatrième communication) ; par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

Dans ses remarquables *Recherches hydrauliques*, dont la première partie a été publiée en 1855 (1), Magnus décrit une série d'expériences fort curieuses et les étudie

(1) *Hydraulische Untersuchungen* (ANN. DE POGG., t. XCV, p. 1, 1855).

en n'invoquant que l'attraction moléculaire et l'élasticité de compression des liquides.

L'ingénieux physicien allemand s'est proposé d'examiner ce qui se passe lorsque deux veines liquides se rencontrent, non plus dans des directions opposées comme dans les nappes de Savart, mais bien en formant un certain angle entre elles.

Pour plus de clarté, je vais rappeler une de ces expériences : supposons qu'on lance par des orifices égaux et sous une charge commune deux veines d'eau horizontales dont les axes se coupent sous un angle d'environ 40°. Dans ces conditions, il se forme, à partir du point de rencontre, une première lame verticale $v_1$ (fig. 1ᵃ), allongée dans le sens du mouvement général, et dont les bords supérieur et inférieur se recourbent et vont se rencontrer sous un certain angle à l'extrémité la plus éloignée $c$. De cette extrémité part une deuxième lame $h$, de forme analogue (fig. 1ᵇ), mais dans un plan horizontal ; puis

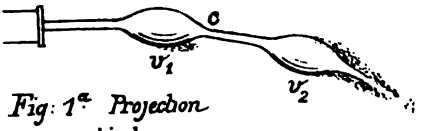



Fig: 1ᵃ Projection verticale

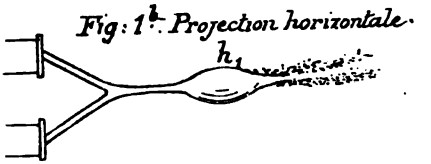



Fig: 1ᵇ Projection horizontale.

vient une troisième lame $v_2$, laquelle est verticale (fig. 1ᵃ); au delà, le liquide s'éparpille.

Selon Magnus, la naissance de ces lames consécutives et leur forme allongée en pointe sont des effets de la cohésion du liquide, laquelle tire constamment les deux bords l'un vers l'autre et les oblige à se rejoindre, en provoquant parfois une nouvelle lame située dans un plan perpendiculaire à la première, et ainsi de suite. L'auteur déclare même expressément que chaque lamelle ainsi formée avait l'aspect d'une membrane tendue entre les deux bourrelets limites. Il paraît étrange qu'après avoir fait cette remarque judicieuse, Magnus n'ait pas cherché à préciser davantage la vraie cause des phénomènes qu'il a si bien décrits. Ce qui est plus étrange encore, c'est que, au fond, il considère les liquides comme élastiques ; car il dit que si deux veines se rencontrent d'une façon centrale suivant des directions opposées, les particules sont comprimées, et, par suite de la compression, se meuvent latéralement. Puisque, d'après cela, les liquides peuvent acquérir une élasticité de compression, comment Magnus n'a-t-il pas songé à invoquer aussi une élasticité de traction dans les parties où les particules tendent à s'écarter entre elles et opposent dès lors une résistance caractéristique suffisamment manifestée dans un grand nombre de phénomènes ? Je ne m'explique cette singularité qu'en admettant que, selon le physicien allemand, l'élasticité des liquides ne peut pas être développée par traction.

En 1873, J. Plateau (1) a nettement attribué la limitation des lamelles consécutives à la tension superficielle

---

(1) *Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires*, t. I, § 234.

des deux faces de chacune d'elles et à la pression capillaire exercée sur les différents points des bourrelets. Comme il regardait les liquides comme pratiquement incompressibles, il n'est pas étonnant qu'il n'ait pas invoqué les variations de l'élasticité des liquides.

En 1881 (1), j'ai tâché d'expliquer les particularités des lames de Magnus en invoquant les variations d'énergie potentielle éprouvées par l'unité de masse du liquide pendant son trajet ; mais, pas plus que mon illustre maître, je n'ai songé à attribuer quelque influence à des variations survenues dans l'élasticité même du liquide.

Sans aucun doute, les forces indiquées par J. Plateau jouent un rôle dans le phénomène, mais aujourd'hui elles me paraissent tout à fait insuffisantes pour produire les effets mécaniques observés ; il en est absolument de même de l'explication que j'ai proposée en 1881 ; quoique exacte au fond, absolument comme celle de J. Plateau, elle n'est pas complète. Voilà pourquoi je me propose de soumettre les expériences de Magnus à un nouvel examen théorique et expérimental.

Soient donc A et A′ deux jets cylindriques de diamètre 2R et faisant entre eux un angle $2\alpha$ ; l'intersection géométrique de ces deux cylindres sera une ellipse ayant pour demi-axes principaux R et $\frac{R}{\sin \alpha}$.

Passons rapidement en revue les divers cas qui peuvent se présenter :

1° Soit $2\alpha = 180^\circ$ ; c'est le cas où les deux jets sont directement opposés, et qui a été si bien observé et décrit

---

(1) *Sur une propriété générale des lames liquides en mouvement* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3me série, t. I, n° 3).

par Savart; on voit que l'intersection est un cercle de rayon R ; en tous les points de ce cercle, le choc des particules liquides produit une élasticité de compression suffisante pour lancer le liquide latéralement et dans une série de plans parallèles et perpendiculaires à la droite contenant les axes des deux jets. Comme je l'ai dit dans un travail récent (1), la nappe résultante ne tarde pas à subir une vive résistance, non seulement par suite de la force contractile des couches superficielles des deux faces libres, mais encore et surtout à cause de l'élasticité de traction développée bientôt dans toute la masse. C'est par les variations de cette élasticité que j'ai pu rendre compte, d'une façon très plausible, des diverses particularités de la nappe de Savart.

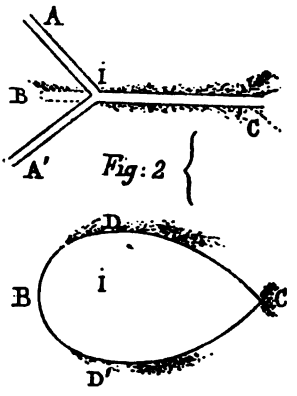
2° Soit $\alpha = 90° - \varepsilon$; dès lors, la surface suivant laquelle a lieu le choc des deux jets est une ellipse ayant pour demi-axes R et $\frac{R}{\cos \varepsilon}$; si $\varepsilon$ est très petit, cette ellipse se rapproche beaucoup d'un cercle; alors la nappe est un peu plus développée dans la direction de la résultante des deux vitesses égales des jets; de plus, elle se trouve dans un plan contenant cette résultante et perpendiculaire au plan des axes des deux jets. On conçoit aisément que la force élastique développée par le choc distribuera le liquide tout autour du centre de l'ellipse, mais plus loin dans le sens de la résultante des deux vitesses qu'en sens opposé.

3° Cette différence se dessine de plus en plus fortement à mesure que $\varepsilon$ croît davantage ; lorsque $\varepsilon = 45°$, ou bien

---

(1) *Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3me série, t. XXXVI, p. 281, 1898).

$2\alpha = 90°$, c'est-à-dire lorsque les axes des deux jets se coupent à angle droit, le demi-grand axe de l'ellipse devient $R\sqrt{2}$; dans ce cas, Magnus a constaté que le liquide n'est plus lancé dans l'angle AIA' (fig. 2) qu'à une petite distance IB, tandis que, dans toutes les autres directions situées dans le plan normal à AIA' et projeté en BC, le liquide est lancé plus loin, sous la double influence de l'élasticité de compression développée par le choc et de la résultante des vitesses des deux jets, estimée suivant chaque direction.




Pour une charge d'environ 1 mètre, la nappe est limitée par un bourrelet BDCD' d'où se détachent de nombreuses gouttelettes, et entre les portions antérieures duquel se renouvelle constamment une lame striée et tendue; dans ma théorie actuelle, la rapide extension des portions liquides qui ont participé au choc tend à provoquer un écartement mutuel de toutes les molécules qui s'éloignent de la portion I; de là naît dans tous les filets composant la nappe une réaction due à l'élasticité de traction; c'est cette réaction qui non seulement produit le bourrelet terminal, mais encore agit constamment pour rapprocher les portions D, D'; si la charge est convenable, ces portions peuvent aller jusqu'à se rencontrer en C, par exemple, point à partir duquel tout le liquide s'éparpille.

Au contraire, si la lame intérieure n'est pas assez

étendue et que les portions terminales soient trop écartées entre elles, le rapprochement de ces portions s'effectue jusqu'à les rendre à peu près parallèles, sans qu'elles puissent être déviées davantage. Il va de soi que l'élasticité de traction ne peut s'exercer également sur tous les points du bourrelet, et, pour ce motif, il y a de nombreuses gouttelettes qui se détachent de ce dernier, comme l'a bien observé Magnus.

4° Si l'angle $2\alpha$ est inférieur à 90°, par exemple égal à 60°, la vitesse résultante dans le sens de la bissectrice de l'angle $2\alpha$ devient trop considérable pour qu'il y ait encore une portion de la lame du côté d'où viennent les deux jets. *A fortiori*, la même chose a lieu pour toutes les valeurs de $2\alpha$ inférieures à 60°; seulement la vitesse du liquide dans le sens de la bissectrice va en augmentant à mesure que l'angle des deux jets diminue; voilà pourquoi il peut se former plusieurs lames successives et placées alternativement dans un plan horizontal et dans le plan vertical mené à peu près par la bissectrice de l'angle $2\alpha$. On comprend, en effet, que si les deux portions du bourrelet latéral se meuvent avec une vitesse suffisante, elles pourront, après le choc, donner lieu à une nouvelle lame placée à angle droit sur la précédente. On comprend, en outre, que le rapprochement des deux portions du bourrelet ne pourra s'effectuer sans que des gouttelettes plus ou moins nombreuses s'échappent et continuent leur course suivant les vitesses imprimées précisément avant leur séparation de la masse du bourrelet.

Les lames liquides de Magnus, comme celles de Savart, constituent, à mes yeux, des exemples très intéressants où se développent tour à tour des effets d'élasticité de compression et des effets d'élasticité de traction.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que l'explication proposée plus haut s'applique également au cas où les deux jets, au lieu d'avoir même section et des axes situés dans le même plan, ont, au contraire, des sections inégales et ne font que se choquer partiellement, en donnant lieu à des nappes plus ou moins irrégulières.

De pareilles nappes peuvent d'ailleurs être réalisées plus simplement de la manière suivante : Sur un point *a* de la surface d'une capsule (fig. 3), on fait tomber un puissant jet d'eau J, qui s'étale sur le verre immédiatement après le choc. Si la capsule a une inclinaison convenable et que le point *a* soit assez près du bord *bb'* de l'ouverture, on constate que le liquide, après avoir quitté le bord avec une grande vitesse, dessine une nappe liquide courbe et limitée aussi par de betits bourrelets β, β', qui sont tirés l'un vers l'autre jusqu'à ce qu'ils se rencontrent en γ; à partir de là, il se forme parfois une nouvelle lame dans un plan normal à celui qui contient les lignes axiales des bourrelets dans le voisinage de γ; mais le liquide s'éparpille ensuite.

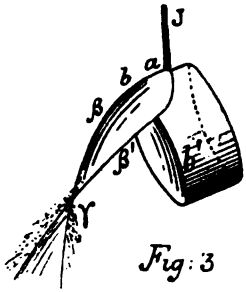


Fig. 3

Avec une capsule de 10 à 11 centimètres de largeur, j'ai obtenu des nappes courbes dont les bourrelets latéraux s'écartaient au plus de 7 centimètres.

Si l'on n'a en vue que de produire des nappes assez étendues où le liquide est à l'état de traction, il suffit de laisser tomber un fort jet d'eau sur une plaque en verre ou en bois de 30 à 40 centimètres de largeur; en inclinant un peu la plaque et choisissant convenablement le

point où s'opère le choc, on réalise aisément des nappes ayant 15 à 20 centimètres de largeur et où se manifeste très bien la tendance au rétrécissement graduel de la figure.

Enfin, si l'on se propose de réaliser assez facilement des lames liquides épaisses et entièrement fermées, on laisse tomber, sous une pression de 6 à 8 mètres, un jet d'eau sur la partie supérieure d'un entonnoir dont le bec est fermé en pointe *a* (fig. 4), dont l'angle d'ouverture *bac* est de 60° environ, et la hauteur *ah* de 7 centimètres. Une grosse tige métallique *ik*, dont l'axe coïncide aussi bien que possible avec celui de l'entonnoir, est fixée au moyen d'une masse de plâtre emplissant tout l'espace intérieur *abc* de ce dernier; quant à la tige *ihk*, longue de 30 à 40 centimètres, elle est implantée dans un bloc en bois d'une épaisseur suffisante. Dans ces conditions, le liquide du jet se répand sur toute la surface latérale de l'entonnoir et quitte le bord en engendrant une nappe qui ne tarde pas à se fermer en *e*, et s'éparpille vers le bas. En faisant varier la quantité d'eau, j'ai pu obtenir ainsi des lames fermées ayant de 4 à 20 centimètres de hauteur à partir du bord évasé de l'entonnoir.

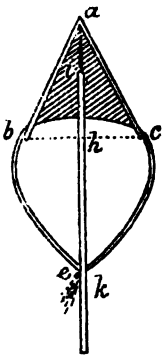


Fig. 4

En terminant, je ferai remarquer que, pour éviter l'éparpillement ordinaire du liquide sortant d'un orifice sous une forte pression, j'ai employé un ajutage ayant à fort peu près le même diamètre que l'orifice, mais muni

à l'intérieur de deux sections en fine toile métallique et placées à 3 ou 4 millimètres de distance. Par ce moyen, l'élasticité de compression du liquide, due à la forte charge qu'il supporte, est combattue d'une manière très efficace par le double passage de ce liquide à travers les mailles de la toile métallique : aussi le jet est alors parfaitement cohérent et cylindrique.

---

*Pour la géométrie euclidienne;* par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

1. J'ai eu l'occasion, dans un travail sur la corrélation des forces (*), d'émettre au sujet de l'espace, considéré comme élément primordial du monde physique, des idées de principe en opposition formelle avec celles que d'éminents géomètres cherchent aujourd'hui à introduire dans la science. Ces dernières idées ont pour justification le désir de fournir à la géométrie un mode d'exposition plus rationnel ; mais elles ne concernent pas seulement cet objet technique ; leur effet, plus profond, est de ruiner, quant à la connaissance même de l'espace physique, la certitude de propositions considérées jusqu'ici comme fondamentales.

Depuis la publication du travail que je viens de rappeler, les tendances dont il s'agit se sont manifestées sous une forme plus nette, plus précise, plus didactique. D'une manière magistrale, M. le général De Tilly les a

---

(*) *Étude sur le système des forces du monde physique* (Mém. de l'Acad. roy. de Belg., t. XLVIII).

synthétisées et réduites en corps de doctrine (*), M. Mansion, dans différents travaux, les a défendues avec l'autorité spéciale de son érudition (**).

L'étude des nouveaux arguments n'ayant pas donné réponse aux objections que je croyais devoir formuler, je demande à pouvoir en exposer les raisons. L'*Essai sur la Géométrie générale* se prêtait particulièrement, par son caractère synthétique, à une discussion de principe. Je me suis fait un devoir de soumettre tout d'abord mes doutes à notre éminent confrère, M. De Tilly, doutes qui, j'ai à peine besoin de le dire, ne concernent nullement, pris en lui-même, le beau travail analytique sur la droite et le plan qui constitue la nouvelle géométrie, mais seulement les conséquences de principe qu'on a cru pouvoir en tirer dans l'ordre métaphysique. A ce champ métaphysique, d'accès librement ouvert, appartient ici la vraie question, et cela même explique l'intérêt très général qu'a provoqué l'apparition des nouvelles théories.

Les éclaircissements que mon savant confrère a bien voulu me donner, m'ont paru laisser subsister, quant au fond même du débat, une divergence difficilement réductible.

Dans une communication ultérieure plus étendue, j'exposerai, en me plaçant au point de vue que je crois devoir défendre, quelle serait à mon sens la voie la plus simple

---

(*) *Essai de Géométrie analytique générale* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELG., 3e sér., t. XXIII, n° 5, pp. 459-460, 1892).

(**) Voir notamment, de ce géomètre, en réponse à des objections de M. le Prof^r Dauge, *Pour la Géométrie non euclidienne* (MATHESIS, 2e sér., t. VIII, p. 33, février 1898), et DAUGE, *Sur l'interprétation d'un théorème de Géométrie riemannienne* (MATHESIS, ibid., p. 5, janvier 1898).

et la plus rationnelle pour l'exposition de la théorie abstraite de la géométrie.

Je ne me propose ici que de présenter, sans calcul et sous une forme aisément accessible, un argument qui s'attaque au nœud de la question et qui précise nettement la nature du débat encore ouvert entre les deux manières de voir.

**2.** La métagéométrie, ou géométrie générale, a pour objet d'établir que la géométrie, ou la science de l'espace, n'a nullement la certitude *a priori* qu'on lui attribuait, et qu'elle repose, comme d'autres sciences, sur la base vacillante des hypothèses. Elle arrive à conclure qu'en réalité il y a lieu d'admettre trois géométries (*), c'est-à-dire la possibilité de trois espaces différents également propres à représenter l'espace réel.

La géométrie classique d'Euclide est une de ces géométries hypothétiques; mais il est impossible de décider si l'espace physique en suit ou n'en suit pas les lois; si, par exemple, il est vrai ou non que dans un triangle la somme des trois angles est égale à deux droits; car il faudrait recourir à l'expérience, procédé en lui-même toujours imparfait.

**3.** L'histoire de ces déductions est aisée à résumer. Les anciens, Euclide, partant de quelques idées simples d'ordre évident (**), ont construit sur ces idées un système de géométrie reçu pendant deux mille ans comme l'expression même de la vérité. Il est clair cependant que si l'on

(*) Et même une infinité.

(**) C'est-à-dire qui paraissent incontestablement justes.

récusait quelques-unes de ces idées simples, admises sur la foi de l'évidence, que si, par exemple, on refusait d'accorder le postulatum d'Euclide, rien n'empêcherait de construire, au prix de figures sans doute rébarbatives, une géométrie qui serait une sorte de déformation de la géométrie classique, et nul euclidien ne pourrait démontrer à ceux qui s'aviseraient de cela qu'ils sont dans l'erreur, puisque le seul fait du « postulatum » constitue un aveu d'impuissance. D'ailleurs l'expérience est inhabile à décider, parce que la déformation dont il s'agit peut toujours être supposée assez faible pour échapper aux moyens d'investigation.

Depuis environ un siècle, des géomètres ont donc cherché à définir ce que deviendrait la géométrie d'Euclide si on la mutilait par la soustraction d'un certain nombre d'idées; ces essais sont l'origine de la branche nouvelle qui se constitue aujourd'hui.

**4.** Par une raison indiquée plus haut (§ 3), c'est-à-dire à raison d'un défaut d'éléments, la critique continuerait à demeurer impuissante, si un trait caractéristique n'était venu distinguer nettement les théories les plus récentes des anciennes. Il est facile de voir que s'il a été impossible de décider entre la géométrie d'Euclide et les premiers essais dont nous venons de parler, que si la question a comporté une sorte d'incapacité provenant d'un déficit d'éléments théoriques, c'est simplement parce qu'on ne trouve ni dans les systèmes auxquels ces essais ont donné lieu, ni dans la géométrie d'Euclide elle-même, les données classiques nécessaires à une démonstration quelle qu'elle soit; ce qui manque tout d'abord à cette reine des sciences, n'est rien moins en effet que la

*définition* même de l'objet dont elle s'occupe, à savoir *la définition de l'espace*.

Or, c'est cette lacune théorique que semblent avoir reconnue les fondateurs récents de la nouvelle géométrie. Ils ont été conduits à *définir l'espace*, et ceci a eu le double avantage, non seulement d'établir une nouvelle théorie, mais d'en établir enfin une dont la discussion soit possible.

5. L'espace est défini un *système de points* (*). Étant donné un couple de points, la *distance* ou *intervalle* de ces points est un nombre propre à ce couple. Si l'on appelle coordonnées d'un point trois nombres propres à ce point, la *distance* est une fonction des six coordonnées du couple. Cela posé, qu'on introduise certaines conditions d'homogénéité et de continuité nécessaires et suffisantes pour la constitution d'un système de géométrie (c'est-à-dire d'un ensemble de distances liées de proche en proche, en tout lieu de la collection, par une loi identique), — conditions que d'ailleurs on emprunte aux propriétés expérimentales de ce qui est vulgairement appelé la « ligne droite », *arête d'un solide* (**) ou *fil tendu* entre deux points, — on trouvera qu'il y a trois fonctions ou *distances* (d'après la définition donnée plus haut de ce terme) qui satisfont à ces conditions. Donc la ligne droite ou le

---

(*) Il vaudrait mieux, nous semble-t-il, au point de vue abstrait, et pour éviter la préoccupation objective de l'espace physique, dire : une *collection d'éléments* ou *lettres* A, B, C... à 1, 2, 3,... indices (dimensions).

(**) M. De Tilly définit la ligne droite physique par l'arête d'un solide. Nous adoptons ici, comme plus commode pour le langage, la représentation équivalente du fil tendu.

fil tendu réalise l'une de ces trois fonctions. Il y a donc, conclut-on, trois géométries possibles; c'est-à-dire que la « distance » — ligne droite ou fil tendu — de l'espace physique satisfait à *un* déterminé entre *trois* systèmes de lois différents, systèmes entre lesquels il y a parité de choix.

6. Voici les différences caractéristiques de ces systèmes. Soient la *ligne droite*, le *plan* définis par des équations du premier degré entre les coordonnées : on trouve que, dans la première des trois géométries, savoir dans celle où la distance est représentée par la première des trois fonctions, on ne peut mener par un point d'un plan qu'une seule parallèle à une droite. Cette géométrie n'est autre chose que la géométrie d'Euclide. Dans les deux autres géométries respectivement on peut mener, par le point donné, ou plusieurs parallèles ou aucune.

Or, les trois fonctions qui représentent la distance sont également possibles ; donc rien ne démontre que l'espace est euclidien. Depuis deux mille ans aussi on a donc fait erreur en considérant cela comme une vérité démontrée ; et puisqu'il y a, en réalité, plusieurs espaces possibles, les conceptions *a priori* (telle la conception de Kant) sont, par la nouvelle géométrie et en vertu d'arguments concrets, sapées par la base.

7. Ces conclusions paraissent logiques. Nous nous proposons cependant de montrer qu'elles ne subsisteraient nullement sans l'introduction implicite de certaines hypothèses, non prévues par les prémisses de la nouvelle géométrie ; qu'en fait ces prémisses, fidèlement suivies, conduiraient exactement au contraire de ce qui

vient d'être établi ; qu'au lieu d'une démonstration de l'inexactitude possible de la géométrie actuelle, il en devrait résulter bien au contraire une simple confirmation de la nature euclidienne de l'espace. Tout repose en effet sur la définition de l'espace qui a été donnée, savoir: un système de points à indices ou coordonnées.

Partant de cette définition, *on démontre que cet espace possède les trois distances* ou nombres propres aux couples de points, *exprimées par les trois fonctions* dont il a été question plus haut, et conditions d'une géométrie ; *donc on démontre simplement par là que l'espace possède les propriétés de la géométrie d'Euclide*, puisque l'une de ces fonctions est l'expression de cette géométrie.

Il n'importe s'il possède en outre les propriétés dépendantes des autres fonctions distances.

8. Éviterait-on cette conclusion si, pour éluder la définition directe de l'espace, on définissait la géométrie la *science des intervalles* ou *distances*, ce terme désignant comme plus haut des fonctions des six coordonnées ou nombres propres à un couple de points ? Non, puisque les propriétés de ces intervalles dérivent précisément de la considération de leur succession dans un *système de points*, et impliquent donc nécessairement, par la considération de ce système, celle de l'*espace*, que l'on voulait éviter.

Enfin, la même conclusion subsisterait encore si, pour définir la géométrie, on disait que c'est *la science de l'* « *intervalle* », ce terme désignant ici absolument la grandeur représentée dans la réalité physique par le *fil tendu entre deux points*, attendu que la définition (fonction des coordonnées des points) qu'on donne de cette

grandeur dans la théorie, si elle est *nécessaire*, n'est pas *suffisante* : elle s'applique, en effet, tout aussi bien qu'au fil tendu, à d'autres intervalles (ou fonctions des positions de deux points) existants dans la réalité physique et propres à deux points (tel un certain arc de cercle).

Dans tous ces cas, la théorie revient toujours, en fait, à celle des fonctions des coordonnées de deux points, dans une collection de points qu'on appelle l'espace ; et l'on ne voit ici rien autre chose, sinon qu'une telle collection possède (si elle satisfait aux conditions théoriques d'une géométrie) les propriétés de la géométrie d'Euclide.

9. D'où provient la divergence radicale de cette conclusion et de celles de la nouvelle géométrie ? Il est aisé de le découvrir en suivant le parallélisme des déductions.

Partant de la définition de l'espace, y constatant l'existence des trois *distances* géométriques, reconnaissant que l'une d'elles est la distance euclidienne, nous venons de conclure que l'espace est euclidien.

Les nouveaux géomètres, partant de la même définition, découvrant les trois distances, concluent qu'il existe trois espaces possibles et partant trois géométries. Or il est visible que cette conséquence ne se soutient que par l'adjonction implicite d'une nouvelle idée, non contenue dans la définition d'abord donnée de l'espace, à savoir : que *l'espace est un système de points qui ne possède qu'*UNE SEULE FONCTION DISTANCE. Alors, en effet, puisqu'une seule distance peut exister et que trois sont possibles, il existera trois espaces possibles différents, et par suite trois géométries.

Or cette idée subsidiaire nouvelle, nécessaire et vrai-

semblablement non aperçue par la théorie, qui, semble-t-il, aurait dû la formuler, est inadmissible :

1° Parce qu'elle est incompatible avec la définition de l'espace primitivement donnée ;

2° Parce qu'en tout état de cause elle ne s'applique pas à l'espace réel dont il s'agissait de constituer la théorie.

Le premier point est évident : *en fait*, un système de points ou d'éléments à trois indices étant donné, ce système *possède* toutes les fonctions (ici les distances) des indices de ces points que l'analyse peut concevoir.

Quant au second point, il faut reprendre, en la serrant d'un peu plus près, la marche des déductions. Qu'on nous pardonne certaines répétitions de termes : il s'agit de la clarté.

**10.** Partant en fait de la considération expérimentale d'une grandeur physique : le fil tendu, l'arête d'un solide, que nous désignerons dans ce qui suit par « *ligne droite vulgaire* » ou « *distance vulgaire* D », la métagéométrie commence par observer l'existence d'une relation générale ou *loi* L entre les « distances vulgaires » D des points dont les agroupements successifs forment la collection totale des points de l'espace. Considérant en outre D comme une fonction des six coordonnées (ou indices caractéristiques) des points du couple (ce qui est encore, en fait, une idée empruntée à l'expérience), elle établit que si D doit obéir à la loi générale L, D ne peut être représentée que par *une* entre *trois* fonctions déterminées P, Q, R; c'est-à-dire que la loi L est compatible avec trois expressions différentes de D. Si D est représentée par P, la « ligne droite vulgaire » réalise la géométrie d'Euclide,

la parallèle unique ; si elle est représentée par Q ou R, elle suit une autre géométrie que celle d'Euclide; la parallèle unique du postulatum est remplacée par plusieurs parallèles ou par aucune. D'ailleurs, P, Q, R sont également acceptables, car elles satisfont également bien à L ; donc D, ligne droite vulgaire ou fil tendu, peut obéir à trois lois différentes également possibles, et rien ne peut démontrer que sa loi particulière est celle d'Euclide.

**11.** Mais tout cela n'est encore que de la physique géométrique, ce n'est nullement une théorie de la géométrie; on a observé un fait, trouvé une loi, tiré des conséquences concernant un élément physique D de l'espace ; on n'a pas fait une théorie de l'espace.

Faire cette théorie, c'est proposer une définition de l'espace et en édifier les conséquences. Laissant donc de côté l'image concrète du fil tendu ou de l'arête solide, admettant même que l'espace physique puisse ne pas exister, on appellera maintenant, d'une manière générale, *distance* $\delta$ une fonction des *indices* propres à un couple d'éléments désignés par le nom de points. On trouve alors que pour former un ensemble systématique soumis à des lois, ou pour former une géométrie, $\delta$ doit satisfaire à la loi L, être représentée par une des fonctions P, Q, R. Enfin, toujours dans cet ordre théorique, l'espace est *un objet qui réalise, par un élément caractéristique unique, un et un seul des trois* $\delta$ *théoriques* P, Q, R. En vertu de cette définition, que nous désignerons par E, il y aura autant d'espaces possibles que de $\delta$ possibles. La définition E constitue une condition suffisante, c'est aussi la condition nécessaire, pour faire conclure à l'existence de plusieurs géométries, c'est-à-dire de plusieurs espaces.

12. Si cette condition E est compatible avec la réalité physique, c'est-à-dire si la théorie est applicable, il faut que l'espace n'offre à l'observation qu'une seule espèce de grandeur possédant les propriétés de la *distance* théorique $\delta$. Or, pour montrer que cela n'est pas, qu'on permette à un second géomètre de présenter, en partant de la considération d'un certain arc de cercle, lié d'une manière définie à un couple de points et qu'il appellera « distance », toutes les déductions déjà proposées par le premier géomètre muni du fil tendu auquel il avait aussi donné ce nom. En désignant ce fil par A, l'arc de cercle par B, on constatera que B satisfait comme A à la loi L des distances ; qu'il ne peut, comme A, être représenté que par une des fonctions P, Q, R. Un troisième géomètre enfin trouvera dans l'espace une grandeur particulière C, liée comme A et B d'une manière définie au couple de points, et il prouvera, au même titre que les deux premiers, que sa « distance » C est représentée par une des fonctions P, Q, R. Il s'ensuit qu'en appliquant chacun identiquement la manière de procéder de la nouvelle géométrie, les trois géomètres réunis démontreront, non pas qu'il y a à faire un choix, pour la seule grandeur A, entre trois fonctions P, Q, R, et par conséquent à choisir entre trois géométries, mais qu'il y a à faire ce choix pour chacune des trois grandeurs d'espèces différentes A, B, C qu'ils ont respectivement considérées; et que par conséquent, quelle que soit la permutation des P, Q, R qui correspond à l'ordre A, B, C, les trois fonctions distances P, Q, R, ou, comme on le dit, les trois géométries, se trouvent réalisées dans un espace unique, auquel la définition E, condition nécessaire aux nouvelles théories, était en fait inapplicable.

13. En présence de l'incompatibilité de cette condition, nécessaire aux nouvelles théories, tant avec la définition que ces théories donnent de l'espace qu'avec la nature de l'espace réel, on ne voit en fait plus rien subsister de leur assertion concernant la possibilité de *géométries*, c'est-à-dire d'*espaces*, différents de la géométrie et de l'espace euclidiens.

Le remarquable travail mathématique de la métagéométrie apparaît simplement comme un travail analytique sur l'existence d'un système de fonctions dans lequel la distance euclidienne, ou la ligne droite vulgaire, occupe une position limite, système dont les propriétés sont empruntées à celles de cette distance, ou ligne droite. Le progrès d'un semblable ordre d'idées est comparable à celui qui, partant des propriétés de la parabole vulgaire, ferait voir que cette ligne occupe une position limite dans une famille de lignes-paraboles obtenues en donnant au paramètre K de la parabole, non plus seulement la valeur $K = 1$, mais aussi toutes les valeurs $K < 1$ et $K > 1$. Il paraît impossible de rien découvrir de plus en fait dans la géométrie dite non euclidienne que la constatation d'un semblable fait limite; fait qui n'oblige nullement à sortir de l'espace euclidien, puisqu'il est propre à cet espace, et qui n'oblige pas plus à créer des espaces *lobatchefskien* et *riemannien* que le cas de la parabole ne conduirait à inventer des espaces *elliptique* et *hyperbolique*.

Nous croyons résumer très exactement notre argument et notre critique en disant qu'à notre sens *les nouvelles théories ont bien prouvé l'existence d'une famille de distances dont la distance vulgaire fait partie, ou autrement prouvé l'existence de* PLUSIEURS DISTANCES (*ou* LIGNES DROI-

TES), *mais qu'elles n'ont en rien par cela prouvé l'existence de* PLUSIEURS ESPACES *ni par conséquent de plusieurs géométries;* car la géométrie est la science de l'espace et non pas la science de la distance ou de la ligne droite; et qu'il suffit de faire disparaître cette confusion de mots et d'idées pour détruire du même coup tout l'édifice des conséquences auxquelles elle a servi de support.

Quant à l'identification physique de la distance euclidienne, ou de telle autre distance ou droite théorique, avec les données expérimentales du monde extérieur, c'est une autre question; ce n'est qu'une question de dessin et non plus une question de géométrie. Si l'on soutenait que telle arête solide ou tel fil tendu ne réalise pas la droite euclidienne, il ne s'ensuivrait pas moins, d'après la théorie, que tels autres éléments physiques, si rapprochés du premier qu'on ne saurait les en distinguer, satisfont rigoureusement à la condition théorique imposée. On n'aurait donc en rien fait douter par là que l'espace soit euclidien.

**14.** L'argument que nous venons de présenter met en pleine lumière la raison d'être du caractère d'évidence qui a toujours assigné un rang spécial unique à la géométrie entre toutes les sciences, caractère d'évidence qui aujourd'hui même éveille chez beaucoup d'esprits non analystes une sorte de réprobation instinctive contre les conséquences de principe de la métagéométrie.

Sans aucun doute il faut, en abondant dans le sens des nouveaux géomètres, dire avec eux que la géométrie, ou la science de l'espace, élément du monde extérieur, est une science physique; constater que l'expérience, ici comme dans toutes les sciences physiques, ne peut rien

prouver avec une entière certitude. Mais ce qu'il faut, d'autre part, relever avec non moins de force, c'est la nature de la condition nécessaire d'un doute dans l'interprétation d'une branche physique : cette condition, c'est que plusieurs théories différentes de cette branche puissent être conçues, ce dont on reconnaît la réalité à ce qu'il existe alors pour l'esprit plusieurs définitions également claires de l'objet qu'il y envisage. Or jusqu'à présent, en dépit de tous les efforts, on n'a réussi à présenter qu'une seule et unique définition de l'espace (celle même de la nouvelle géométrie), et cette définition est d'accord avec la notion instinctive pour déclarer que l'espace est euclidien. Le dernier mot de la géométrie non euclidienne est donc en fait qu'il n'y a pas d'espace non euclidien, et que la conception de l'espace est une conception unique et *a priori*.

C'est de cette impossibilité d'établir deux théories de la géométrie, impossibilité tout à fait comparable à celle d'établir deux théories de la science du nombre (*), que

(*) C'est ce que montre la définition même de l'espace donnée par la géométrie générale, définition qui repose essentiellement sur la notion des indices des points, indices qui sont des nombres abstraits. L'espace se présente effectivement dans le monde extérieur comme une réalisation des lois de la grandeur abstraite. C'est pour cela que Descartes est, par la géométrie analytique, le véritable créateur de la théorie de la géométrie. Il n'y a qu'une parallèle parce qu'une équation du premier degré n'a qu'une racine. Quant à la métagéométrie, elle se réduit à un doute non pas théorique, mais de simple identification physique, de l'ordre suivant : quand on trace ce qu'on appelle une ligne droite, est-on sûr qu'on ne trace pas ce qu'on appelle un cercle ; ou encore, ce qu'on croit une parabole ne serait-il pas une ellipse ? Ce doute concerne le dessinateur, mais ne change rien à la nature de l'espace, lequel contient tous les cercles, lignes droites et

provient réellement le caractère singulier de certitude instinctivement attribué à la notion de l'espace.

Ce caractère d'exception vient bien de ce que jusqu'ici, contrairement à ce qui a lieu dans d'autres parties de la science, l'esprit n'est pas parvenu à concevoir, et, par conséquent, à définir l'*espace* de plusieurs manières (*).

**15.** Ceci même, en résumant la discussion que nous proposons à nos honorables contradicteurs, met exactement le débat au point.

Nous disons que la condition nécessaire pour introduire le doute en géométrie, condition sans laquelle aucun argument n'existe contre la certitude de l'espace euclidien, serait de *présenter deux définitions différentes et admissibles de l'espace.*

---

coniques. Le doute précédent pourrait prendre la forme tout aussi légitime : quand on trace certains cercles et ellipses, est-on sûr qu'on ne trace pas une ligne droite, une parabole ?

Pour rendre possible le doute du géomètre quant à la nature de l'espace, il faudrait donner une seconde définition admissible de l'espace.

(*) On peut construire théoriquement une infinité de mécaniques célestes différentes; on n'est pas encore parvenu à construire théoriquement deux géométries différentes, parce qu'on n'est pas arrivé à concevoir ici plus que ce qui existe, et par conséquent à provoquer la nécessité d'un choix.

La notion de l'hétérogénéité de l'espace est tout aussi illusoire que celle des espaces différents. Il suffit de se défier des mots et d'y regarder de près pour constater que, dans la seule définition qu'on soit parvenu à en donner, l'espace est aussi homogène que la suite des nombres. D'ailleurs, rien qu'en disant que l'espace n'est pas le même *ici* et *là* on fait inconsciemment usage de la notion d'un espace qui sert simplement de *lieu* aux *différences d'homogénéité*, et qui étant dès lors indépendant de ces différences est en lui-même homogène. On réintroduit donc malgré soi l'idée qu'on voulait éviter.

Jusqu'ici *une seule définition a pu être donnée; elle consacre l'existence de l'espace euclidien.*

Sans rien vouloir préjuger, il faut donc attendre, ou 1° que l'hypothèse subsidiaire de la distance unique, nécessaire au bien fondé des nouvelles théories, leur ait été reconnue inutile; ou 2° qu'elles aient présenté de l'espace deux définitions entre lesquelles il y ait lieu à discussion.

Avant cela, rien ne contraint à modifier dans leur principe les idées de la géométrie classique et à abandonner la certitude que l'espace est euclidien; l'impuissance même des efforts les plus savants pour introduire le doute constituerait ici une démonstration.

La nouvelle géométrie a en fait établi le contraire de ce qu'elle prétendait; elle a voulu faire douter de la réalité physique du postulatum et elle a concouru à la démontrer.

—

*Phénomènes périodiques observés en juin 1899, à Grivegnée;* par F. Folie, membre de l'Académie.

Le 2 juin, première fleur de coquelicot.

Le 5, sureau, acacia rose (*Cyt. adami*), rosiers et églantiers, ciboule.

Le 8, acacia blanc, sauge, bouquet-tout-fait.

Le 10, scorsonère, *Lychnis* (compagnon blanc, au plateau de Robermont, fleurs blanches).

Le 12, souci, bluet, seigle (même plateau), chèvrefeuille.

Le 15, *Iris aquat.* (Ourthe), chèvrefeuille (Tilff).

Le 20, *Seringa*, maturité des premières fraises.

Le 25, maturité des premières groseilles à grappes; les premières cerises ont mûri du 20 au 25; elles étaient aussi avancées à Tilff.

Le 30, floraison du troëne.

*A Spa*; par G. Dewalque, membre de l'Académie.

Le 8 juin, compagnon blanc, fleurs roses.
Le 11, sureau.
Le 16, bouquet-tout-fait.
Le 17, rosier jaune.
Le 21, rosier hybride.
Le 22, chèvrefeuille.
Le 24, rosier monome blanc et mignonnette.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Van der Stricht* (*O.*). Étude de plusieurs anomalies intéressantes lors de la formation des globules polaires. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (46 p. et 2 pl.).

— Sur l'existence d'une atmosphère dans l'oocyte ou stade d'accroissement. Paris, 1899; extr. in-8° (6 p., fig.).

— L'origine des premières cellules sanguines et des premiers vaisseaux sanguins dans l'aire vasculaire des chauves-souris. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (16 p., 1 pl.).

*De Bruyne* (*C.*). Signification physiologique de l'amitose. Paris, 1899; extr. in-8° (4 p.).

— Contribution à l'étude physiologique de l'amitose. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (40 p. et 2 pl.).

*Houzé* (*le Dr E.*). L'évolution à l'Académie des sciences de Belgique. Communication faite à la Société d'anthropologie de Bruxelles dans la séance du 30 janvier 1899. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (9 p.).

BRUXELLES. *Société scientifique de Bruxelles*. Annales, 23e année, 1898-1899; 3e fascicule.

*Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics*. Bulletin du Conseil supérieur de l'agriculture, session de 1898-1899. Documents, série III, tome Ier. — Rapports, fascicule 1.

— Statistique de la Belgique. Agriculture. Recensement général de 1895. Partie documentaire, tome IV, 1899.

LOUVAIN. *La Cellule*, recueil de cytologie, tome XVI, 1er fascicule. 1899; in-4°.

—

ALLEMAGNE et AUTRICHE-HONGRIE.

*Klinckert* (*Wilh.*). Das Licht, sein Ursprung und seine Funktion als Wärme. Elektrizität, Magnetismus, Schwere und Gravitation. Leipzig, 1899; in-8° (104 p.).

*Haeckel* (*Ernest*). Kunst-Formen der Natur, Lieferung 1 und 2. Leipzig-Vienne, 1899; 2 cah. in-4°.

BERLIN. *Akademie der Wissenschaften*. Abhandlungen, 1898. In-4°.

BRUNN. *Naturforschender Verein*. Verhandlungen, Band XXXVI, 1897. — XVI. Bericht der meteorologische Commission, 1898.

CRACOVIE. *Académie des sciences*. Atlas géologique de la Galicie, fascicules 9 et 10, 1898-1899; 2 cahiers in-plano avec texte in-8°.

STUTTGART. *Verein für vaterländische Naturkunde*. Jahreshefte, 55. Jahrgang. 1899.

—

### Grande Bretagne et Colonie britannique.

Londres. *Royal astronomical Society*. Mémoires, vol. LIII, 1896-1899; in-4°.

Ottawa. *Department of Marine and Fisheries*. Report of the meteorological service of Canada, vol. I and II, 1898; 2 vol. in-4°.

---

### Italie.

*Piolli* (*Gius.*). Sulla presenza della iadeite nella valle di Susa. Turin, 1899; extr. in-8° (9 p.).

Pise. *R. Scuola normale superiore*. Annali, vol. XIII, 1899.

---

### Pays divers.

*Schedling* (*de*). Centenaire de l'invention de la première pile électrique. Saint-Pétersbourg, 1899; in-8° (23 p.).

Saint-Gall. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Bericht, 1896-1897.

Copenhague. *The danish Ingolf-Expedition*, vol. I, part 1; vol. II, part 1; vol. III, part 1. 1899; 3 cah. in-4°.

Lausanne. *Société d'histoire de la Suisse romande*. Mémoires et documents, tome XXXIX, 1899.

Stockholm. *Nordiska Museet*. Meddelanden, 1897. Samfundet, 1897.

Stockholm. *Kongl. Vetenskaps Akademien*. Ofversigt, 1898.

Monaco. *Principauté de Monaco*. Annuaire, 1899. In-18.

Le Caire. *Société khédiviale de géographie*. Le Musée de géographie et d'ethnographie. Notice par le Dr Frédéric Bonola Bey. 1899; in-8° (30 p.).

Lyon. *Société linnéenne*. Annales, tome XLV, 1899.

— *Société d'agriculture, sciences et industrie*. Annales, 1897.

Sèvres. *Bureau des Poids et Mesures*. Travaux et Mémoires, tome IX, 1898; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 8.

*Séance du 5 août 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. le baron Edm. de Selys Longchamps, Brialmont, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* Julien Fraipont, Pol. Francotte et Fr. Deruyts, *correspondants.*

MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur*, L. Henry et P. Mansion motivent par écrit leur absence.

## CORRESPONDANCE.

—

La Classe prend notification de la mort de l'un des associés de sa Section des sciences naturelles, Sir William-H. Flower, directeur du « Natural history Department » du British Museum, né à Stratford sur Avon (comté de Warwick) le 30 novembre 1831, décédé à Londres le 1er juillet 1899.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une ampliation de l'arrêté royal en date du 4 juillet décernant le prix décennal des sciences botaniques, pour la période exceptionnelle et transitoire de 1892 à 1898, à M. Alfred-C. Cogniaux, professeur à l'École normale de l'État, à Verviers.

— La Société française de physique annonce qu'elle a pris l'initiative de provoquer, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900, une réunion en Congrès international, à Paris, de toutes les personnes qui s'intéressent aux progrès de la physique. Ce Congrès s'ouvrira le lundi 9 août 1900.

Le Comité d'organisation (M. Poincarré, secrétaire, boulevard Raspail, 105, Paris) enverra sur demande, aux intéressés, les circulaires relatives à ce Congrès.

— L'Institut royal vénitien des sciences, des lettres et des arts envoie le programme de ses concours.

— M. Ch. Lagrange demande le dépôt dans les archives d'un billet cacheté daté du 5 août et portant en suscription : *Sur un cas d'impossibilité de l'équilibre de rotation d'un système déformable soumis à l'action d'une attraction newtonienne extérieure.* — Accepté.

— Hommages d'ouvrages :

1° A. *Allocution prononcée à l'occasion de la mort de M. Gérard Vincent;* B. *Compte rendu de l'excursion géologique dans la Campine limbourgeoise des 21 et 22 mai 1899;* par M. Mourlon;

2° *Structure et modifications fonctionnelles du thymus de la grenouille;* par A. Ver Eecke;

3° *Transmission de l'énergie électrique par un fil et sans fil;* par Émile Guarini;

4° *Sur la solubilité des huiles volatiles et de leurs constituants dans la solution aqueuse de salicylate sodique;* par M. Duyk;

5° *Découverte d'un squale bruxellien;* par Ed. Delheid;

6° *Quelques observations intéressant la faune malacologique du Congo;* par Hugo De Cort.

— Remerciements.

— Travaux à l'examen :

La Classe renvoie à l'examen de M. De Heen une seconde lettre de M. Achille Brachet, de Paris, sur *Les écrans fluorescents.*

M. le général De Tilly est chargé d'examiner une *Démonstration du postulatum d'Euclide,* communiquée par M. A. Bouché, de Casteau.

## RÉSULTATS DU CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1899.

—

La Classe prend notification de la réception de deux manuscrits soumis en réponse aux questions suivantes du programme du concours pour 1899 :

1° *On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité des liquides et des dissolutions.*

Devise : *Scientia nobis hæc otia fecit.*

— Commissaires : MM. De Heen, Van der Mensbrugghe et Spring.

2° *On demande des recherches anatomiques et systématiques sur les insectes du groupe des* APTERYGOTA (THYSANURA *et* COLLEMBOLA).

Devise : *Belga.*

— Commissaires : MM. Plateau, Van Beneden et Van Bambeke.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

---

*Mourlon* (*M.*). Compte rendu de l'excursion géologique dans la Campine limbourgeoise des 21 et 22 mai 1899. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (8 p.).

— Allocution prononcée à la séance du 6 mai 1899 de la Société royale malacologique, à l'occasion de la mort de M. Gérard Vincent. Bruxelles, 1899; extr. in-8°.

*Ver Eecke* (*A.*). Structure et modifications fonctionnelles du thymus de la grenouille. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (20 p., 2 pl.).

*Guarini-Forescio* (*Émile*). Télégraphie électrique sans fil. Liége, 1899; in-8° (16 p.).

— Transmission de l'énergie électrique par un fil et sans fil (par l'éther). Liége, 1899; in-8° (50 p.).

— Transmission de l'énergie électrique sans fil. Liége, 1899; in-8° (3 p.).

*Duyk* (*Maurice*). Sur la solubilité des huiles volatiles et de leurs constituants dans la solution aqueuse de salicylate sodique. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (24 p.).

*Delheid* (*Éd.*). Découverte d'un squale bruxellien. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (8 p.).

*De Cort* (*Hugo*). Quelques observations intéressant la faune malacologique du Congo. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (4 p.).

Bruxelles. *État Indépendant du Congo*. Annales du Musée. Botanique, tome I^er^, 4 (De Wildeman et Durand). 1899; in-4°.

---

### Allemagne et Autriche-Hongrie.

Berlin. *Technische Hochschule*. Die technischen Hochschulen und ihre wissenschaftlichen Bestrebungen. Rede von A. Riedler. 1899.

Vienne. *K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus*. Jahrbücher 1895-1896, 1898.

Iéna. *Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem malayischen Archipel (Paul von Ritter und Richard Semon), Lieferung 13-15. 1898; 6 cah. in-4°.

Iglo. *Ungarischer Karpathenverein*. Jahrbuch, XXVI. Jahrgang, 1899.

---

### Amérique.

Washington. *U. S. geological Survey*, 18th annual report, part I, III, IV. 1897; 3 vol in-4°.

Buenos-Ayres. *Museo nacional*. Anales, tomo VI, 1899.

---

### France.

*Janet* (*Charles*). Étude sur les fourmis, les guêpes et les abeilles. Paris, 1893-1899; 5 extr. in-4° et 4 extr. in-8°.

*Jacquot* (*Albert*). Charles Eisen. Paris, 1899; extr. in-8° (7 p.).

---

### Grande-Bretagne et colonies britanniques.

Londres. *Institution of civil engineers*. Minutes of proceedings, vol. CXXXVI. 1899.

Sydney. *Association of the advancement of science*. Report, 1898.

MAURITIUS. *Royal Alfred Observatory.* Mauritius magnetical reductions 1875-1890. Together with a discussion of the absolute determination of magnetic declination, horizontal force, and dip from 1875 to 1897; by T.-F. Claxton. 1899; in-4°.

OXFORD. *Radcliffe Observatory.* Astronomical and meteorological observations, 1890-1891, vol. XLVII. 1899.

OTTAWA. *Commission géologique du Canada.* Rapport annuel, vol. IX, 1896.

—

ITALIE.

TURIN. *R. Accademia delle scienze.* Memorie, t. XLVIII, 1899; in-4°.

NAPLES. *R. Istituto d'incoragiamento.* Atti, vol. XI, 1898. In-4°.

ACIREALE. *Accademia di scienze, lettere ed arti.* Atti e Rendiconti, vol. IX, 1897-1898. 1899.

FLORENCE. *R. Istituto di studi superiori pratici e di perfezionamento.* Medicina e chirurgica :

Rendiconto sommario dell' Istituto ostetrico-ginecologico (Giov. Inverardi). 1892.

Contribuzioni allo studio dello sviluppo dei nervi encefalici nei mammiferi, in confronto con altri vertebrati (Giulio Chiarugi). 1894.

Contributo allo studio della struttura, della maturazione e della distruzione delle uova degli anfibi (Umberto Rossi). 1895.

Sulla struttura dell' ovidutto del Geotriton fuscus (Umberto Rossi). 1895.

Scienze fisiche e naturali :

Il cerveletto (Luigi Luciani). 1891.

*R. Istituto di studi superiori pratici e di perfezionamento.* Sul decorso delle vie afferenti del midollo spinale (Ruggero Oddi e Umberto Rossi). 1891.

Cheloniani fossili di Montebamboli e Casteani (Gius. Ristori). 1895.

—

STOCKHOLM. *Carte géologique de la Suède*, séries *Aa*; nos 114. *Ac*, 34; *Ba*, 5; *C*, 162, 176-179, 181, 182.

— *Académie royale des sciences*. Bihang, vol. XXIV, 1899.

MOSCOU. *Musée Roumiantzoff*. Compte rendu, 1898.

BERNE. *Naturforschende Gesellschaft*. Verhandlungen der Versammlungen in Engelberg, 1897, und Bern, 1899.

— Mittheilungen, 1897.

SAN FERNANDO. *Observatorio de Marina*. Anales, 1898. In-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — Nos 9-10.

*Séance du 14 octobre 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Lagrange, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, C. Malaise, Éd. Van Beneden, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Fr. Deruyts et Ch.-J. de la Vallée Poussin, *correspondants.*

M. le Directeur annonce que l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie a décerné la médaille de la fondation Hayden, qui constitue une des distinctions scientifiques les plus enviées, à M. G. Dewalque, pour les travaux dont il a enrichi la géologie.

Des applaudissements accueillent cette annonce ainsi que les remerciements adressés à la Classe par M. Dewalque.

---

## CORRESPONDANCE.

—

La Classe prend notification de la mort de M. Robert-Guillaume Bunsen, associé de la Section des sciences physiques et mathématiques, né à Göttingue le 31 mars 1811, décédé à Heidelberg le 16 août dernier.

— M. J. Viniegra, directeur de l'Institut et observatoire de marine de San Fernando, exprime le désir de connaître les noms des astronomes ou des missions qui se proposent de venir observer en Espagne l'éclipse totale de soleil du 27 mai 1900, afin de les faire bénéficier de la franchise qu'il a obtenue de son gouvernement pour les droits de douane de leurs instruments scientifiques. Les intéressés sont priés de faire connaître la date probable de leur arrivée et la douane où ils comptent délivrer leurs instruments.

— L'Académie de Metz envoie le programme de ses concours pour l'année 1899-1900.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Recherches sur les premiers stades du développement du Murin;* par Éd. Van Beneden;

2° *Notions de minéralogie;* 1er fascicule : Propriétés géométriques, physiques et chimiques des minéraux; par A.-F. Renard et F. Stöber;

3° *La main des bêtes;* par C. Vanlair;

4° *Description cristallographique du quartz de Nil-Saint-Vincent;* par D. Vanhove;

5° *Nouveau principe pour études de géométrie des droites;* par Johannes Petersen, à Copenhague;

6° *Étude sur les moyens de prévenir les collisions en mer;* par Léon et Cosme de Somzée;

7° *Prodrome de la flore algologique des Indes néerlandaises. Supplément et tableaux statistiques;* par Ém. De Wildeman;

8° *Icones selectae horti Thenensis*, tome Ier, fascicule 1; par Léon Van den Bossche et Ém. De Wildeman.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1° a) *Sur un nouveau type cupri-chrome-ammonique;* b) *Contribution à nos connaissances du chimisme stomacal;* par M.-C. Schuyten. — Commissaires : MM. Jorissen et Spring;

2° *Note sur l'accroissement de la force musculaire des élèves pendant l'année scolaire;* par le même. — Commissaires : MM. L. Fredericq et Masius;

3° *Contribution à l'étude des acides bibasiques substitués. Transformation d'un chlorure acide en anhydride sous l'influence des halogènes;* par A.-J.-J. Vandevelde. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

4° *Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous;* par Ad. Vandenberghe. — Mêmes commissaires;

5° *L'apparition du centrosome dans les cellules nerveuses au cours de l'infection rabique;* par Charles Nelis. — Commissaires : MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke;

6° *Station néolithique de Seraing-sur-Meuse;* par Ernest Doudou. — Commissaires : MM. Fraipont et Malaise.

## RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke sur la requête adressée au Gouvernement par M. Cerfontaine, chef des travaux de zoologie à l'Université de Liége, à l'effet de pouvoir occuper, en 1900, la table belge du laboratoire du Dr Dohrn, à Naples. — Renvoi à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, avec recommandation chaleureuse des commissaires, en raison des services que l'intéressé pourra rendre en cette circonstance à la science.

— Une nouvelle lettre de M. Brachet *Sur les écrans fluorescents* sera déposée aux archives, conformément à l'avis de M. De Heen.

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

---

**Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques. — *Universalité des phénomènes du métamorphisme mécanique;* par A.-F. Renard, membre de l'Académie.**

Dans une notice préliminaire relative à la météorite tombée à Lesves le 21 avril 1896, j'ai fait ressortir que cette pierre devait sa structure à des phénomènes cataclastiques (1). J'étais arrivé à cette interprétation en m'appuyant sur diverses particularités que l'examen microscopique de cette météorite m'avait montrées, et en tenant compte dans mes recherches de considérations puisées dans les théories modernes du métamorphisme mécanique. Poursuivant ces études, je ne tardai pas à arriver à la conviction que ces conclusions pouvaient s'appliquer non seulement à la météorite de Lesves, mais à un grand nombre de météorites chondritiques, et que les résultats obtenus ouvraient la voie vers la solution d'un problème de haut intérêt : celui de l'origine tant débattue

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e série, t. XXXI, p. 654.

et encore si obscure des météorites chondritiques (1). Comme il était nécessaire d'établir ces conclusions sur l'étude d'un grand nombre de météorites, j'ai eu recours à l'obligeance de mon ami M. le professeur Berwerth, qui m'a donné toutes les facilités pour étudier la remarquable collection du Musée Impérial de Vienne dont il est le conservateur, et qui a mis ainsi à ma disposition des matériaux d'étude d'une richesse incomparable, avec une libéralité à laquelle je ne saurais trop rendre hommage. Depuis que j'ai commencé ce travail, qui m'a occupé pendant ces trois dernières années, j'ai eu l'occasion de communiquer mes résultats à plusieurs savants; j'ai pu constater l'importance qu'ils attachent à la solution de ce problème, et l'approbation qu'ils ont donnée à mon interprétation. Je citerai en particulier M. Berwerth et M. le Dr Weinschenk; ce dernier, dont les nombreux et importants travaux sur les météorites sont si hautement appréciés, s'est empressé de mettre à ma disposition sa précieuse collection de préparations microscopiques de météorites, et lorsque, il y a deux ans, je lui exposai l'interprétation à laquelle j'étais conduit relativement au mode de formation des météorites pierreuses, il me déclara que non seulement il était prêt à l'admettre, mais qu'il était lui-même arrivé à une conclusion analogue. De cet échange de vues est sorti le projet d'un travail d'ensemble à faire

---

(1) Ce que je dis ici s'applique non seulement aux chondrites, mais, dans une certaine mesure, à toutes les météorites pierreuses d'aspect clastique. Si, dans cette notice, je parle surtout des météorites chondritiques, c'est parce que mes recherches ont jusqu'ici porté principalement sur celles de ce type.

en commun et qui comprendra l'étude de l'origine des diverses classes de météorites.

A la suite de l'examen des matériaux du Musée Impérial de Vienne et de ceux de plusieurs collections privées, j'avais établi ma manière de voir sur une base qui permettait une généralisation. J'avais, en effet, eu l'occasion d'étudier au moins la moitié des chutes importantes de météorites pierreuses ; je fis connaître en mars 1897 à la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie (1), que je croyais pouvoir étendre à la généralité des météorites chondritiques les constatations que j'avais faites sur la structure de la météorite de Lesves. J'avançais dès lors que toutes ont été soumises à des phé-

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de géologie*, etc. Séance du 30 mars 1897. M. Weinschenk vient de publier un nouveau travail sur les météorites pierreuses qu'on doit considérer comme digne de fixer l'attention (*Zur Classification der Meteoriten.* Sitzungsberichte k. bayer. Akad. d. Wiss., 1899, XXIX, II). S'appuyant sur l'étude d'un nombre considérable de préparations qu'il a soumises à l'examen microscopique, il est parvenu à déceler des traits de la structure de ces roches cosmiques qui avaient échappé jusqu'ici aux observateurs, et qui lui ont permis de reconnaître de son côté, avec certitude, que les chondrites étaient à l'origine des roches cristallines. Il y constate partout des traces de clasticité semblables à celles que nous avons constatées nous-même. Le système de classification qu'il propose et dans lequel la microstructure joue un rôle important, porte la marque d'un observateur pénétrant et qui domine l'ensemble du sujet qu'il traite. — M. Linck, dans un très intéressant travail sur la météorite de Meuselbach (*Der Meteorit (Chondrit) von Meuselbach i. Th.* Ann. k. k. Nat. Hofmuseums, XIII, 2-3, Wien. 1899). formule, au point de vue de l'origine des chondrites et des modifications qu'elles ont subies, des idées analogues à celles que j'ai exprimées dans ma notice sur la météorite de Lesves, et d'une manière plus développée, à la séance de la Société belge de géologie en mars 1897.

nomènes analogues à ceux que nous montrent les roches terrestres métamorphisées par cataclase, et je concluais que pour un grand nombre d'entre elles, on ne doit pas admettre, à cause de leur aspect clastique, qu'elles sont de nature tufacée. C'était faire un pas vers une explication rationnelle de la structure des chondrites.

Résumant en quelques mots l'interprétation que je propose de la formation des chondrites, je dirai que je rejette l'origine polygène qu'on avait attribuée à la généralité des météorites chondritiques et que je les considère comme des roches cristallines qui ont subi l'action du métamorphisme dynamique.

Pour rendre compte de diverses particularités de la structure de ces roches, souvent presque meubles et comme sableuses, dont les éléments quelquefois sans lien ni cohésion sont si faiblement cimentés qu'ils cèdent, peut-on dire, sous la pression des doigts, pour expliquer une analogie d'aspect avec les roches détritiques volcaniques composées d'une agglomération de cendres, ceux qui se sont occupés de l'étude lithologique de ces météorites ont généralement invoqué une origine pyroclastique. D'après ces savants, l'étude des caractères en grand et l'examen microscopique conduiraient à admettre que les chondrites se seraient formés par l'agglomération de particules incohérentes, clastiques comme celles qui constituent les dépôts de cendres et de tufs volcaniques. Suivant cette manière de voir, ces météorites ne seraient autre chose que des fragments de roches tufacées, formées comme nous voyons se former sur les pentes et au pied des volcans terrestres, des accumulations de matières projetées à l'état meuble, faiblement consolidées et étalées en

couches plus ou moins régulières. Dans cette hypothèse, les pierres météoriques dont il s'agit seraient donc des débris d'un corps cosmique où l'activité volcanique se serait manifestée en particulier par la formation de tufs analogues à ceux de nos volcans terrestres.

Rejetant cette manière de voir, je propose d'expliquer les particularités de structure dont il s'agit, en admettant que ces aérolithes étaient à l'origine des roches cristallines qui ont subi l'action du métamorphisme mécanique pendant qu'ils faisaient encore partie du corps cosmique dont ils sont des fragments : je suis porté à penser que le plus grand nombre au moins des chondrites sont des fragments dont la structure a été modifiée par cataclase. Si ce que j'avance est vrai, il s'ensuit immédiatement une conséquence d'une grande portée relativement à l'origine des chondres, ces corps énigmatiques que les pierres cosmiques seules renferment : c'est que ces chondres ne sont pas formés à la manière de gouttelettes laviques projetées des cratères, et qu'ils doivent avoir cristallisé en place dans la roche qui les enchâsse.

Je tiens à dire expressément que je ne vais pas jusqu'à nier l'existence de roches clastiques au vrai sens du mot. Dans la série des météorites chondritiques étudiées jusqu'ici, il y en a au contraire qui sont incontestablement bréchiformes et tufacées; mais ce que je crois pouvoir démontrer, c'est qu'un nombre considérable de météorites envisagées comme telles ne le sont pas; qu'en tout état de cause, le métamorphisme dynamique a laissé son empreinte sur presque chacune des météorites pierreuses. Je crois que ce sont ces phénomènes qui, en voilant la structure primitive, ont conduit dans beaucoup de cas à une fausse interprétation des faits.

Si maintenant l'on tient compte de cette action modificatrice, tout au plus entrevue avant ces recherches, et dont les effets n'avaient pas été constatés sur la généralité des chondrites comme ils le sont aujourd'hui, je pense qu'on explique aisément un grand nombre de faits restés obscurs quant à la nature de ces corps, qu'on écarte les causes d'erreur qui ont provoqué ces divergences d'opinions. J'ajoute qu'en l'étendant aux météorites, on prouve l'universalité d'un mode de métamorphisme reconnu jusqu'ici aux seules roches terrestres qui ont été soumises aux mouvements orogéniques et dont les effets, d'importance capitale en géologie, peuvent aller jusqu'à voiler entièrement la structure primitive des masses rocheuses et donner le change sur leur origine.

Quelles sont les opinions en présence pour interpréter la structure et l'origine des chondrites? Il va sans dire que je ne parle que des hypothèses appuyées par des savants qui font autorité en ces matières. D'une manière générale, on peut les diviser en deux groupes : ceux qui admettent l'origine pyroclastique de chondrites et les considèrent comme un agglomérat de matières incohérentes projetées par des volcans, et ceux qui envisagent ces roches comme cristallines, c'est-à-dire comme constituées par des minéraux qui se sont formés en place. Je n'ai pas à insister ici sur les arguments invoqués en faveur de la nature polygène des chondrites. Je renvoie à la grande publication de Tschermak, *Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten* (1885), où l'auteur a résumé les raisons qui paraissent militer en faveur de cette théorie. Dans l'Introduction de cette remarquable série de photographies de météorites, on trouve exposés par un

maître les faits qui l'ont conduit à admettre que les chondres sont des gouttelettes, rapidement refroidies, de matière lavique projetée hors de l'orifice volcanique, que la pâte de masse fondamentale des chondrites est de nature tufacée, etc. Il est évident que les caractères énigmatiques des chondres, ces globules de péridot ou de pyroxène à structure rayonnée spéciale aux corps cosmiques, ont dû entrer en ligne de compte dans l'appréciation de Tschermak. C'est l'hypothèse d'une formation pyroclastique, dans le sens strict du terme, qu'il adopte. Je crois du reste que c'est l'opinion communément admise aujourd'hui.

Une opinion contraire est celle défendue par Kenngott, Wadsworth, von Foullon, etc. Pour eux, les éléments des chondrites ont cristallisé *in situ* et ne portent pas de trace de clasticité; mais tout en constatant que les chondrites étaient à l'origine des roches cristallines, ces savants n'ont pas donné l'interprétation vraie de leur structure actuelle si frappante, et qui jusqu'ici a laissé tant de prise au doute.

D'après nos recherches, cette texture si caractéristique des chondrites, mal interprétée par les partisans de la première hypothèse, laissée dans l'ombre, ou non expliquée par ceux qui admettent la seconde, est due à ce que ces météorites d'aspect clastique furent soumises à des phénomènes de pression intense, analogues à ceux provoqués dans les roches terrestres par les mouvements orogéniques. Ce broyage est allé jusqu'à la pulvérisation intime des éléments, pulvérisation qui a donné son aspect et sa structure à la roche actuelle, le fer seul, parmi les minéraux constitutifs, ayant échappé à l'écrasement et au broyage, grâce à sa ductilité. Cette structure cataclastique

une fois nettement reconnue, donne la clef, je pense, d'un grand nombre de particularités des météorites chondritiques et permet de remonter à leur nature lithologique originelle. Si l'on a tardé à aborder le problème par cette voie, c'est peut-être parce que la théorie du métamorphisme dynamique n'était pas admise en géologie au moment où furent publiés les travaux des savants que je viens de citer; peut-être aussi à cause des différences saillantes que présentent à première vue les météorites et les roches terrestres qui ont subi l'action du dynamométamorphisme : car les effets des pressions énergiques auxquelles les premières furent soumises ne se traduisent pas, comme nous le montrerons tout à l'heure, par le même ensemble de caractères que ceux observés dans les roches terrestres métamorphisées sous l'influence de la même cause.

Sans énumérer toutes les raisons qui plaident en faveur de la formation *in situ* des éléments minéralogiques des chondrites, raisons qui corroborent toutes l'interprétation que je propose, je me borne à insister ici sur les faits suivants, qui peuvent être invoqués d'une manière spéciale pour appuyer l'explication que je donne : les chondres ne sont jamais des fragments arrondis de roches, ils sont formés de minéraux appartenant aux mêmes espèces que ceux qu'on voit dans la météorite ou qui constituent la masse fondamentale; dans les phénocristes et dans la masse fondamentale, on n'observe rien qui rappelle nettement les particules volcaniques projetées à l'état meuble lors des éruptions. C'est ainsi qu'on n'y trouve ni poussières, ni cendres, ni lapilli, ni fragments vitreux ou bulleux avec leur cassure et leur forme spéciales, ni cristaux idiomorphes revêtus de matière

vitreuse; on n'y constate jamais ni la structure scoriacée, vésiculaire, ni celle dite ponceuse; le verre qu'on observe au microscope s'est produit par la fusion de la croûte lorsque la pierre est entrée dans notre atmosphère, ou bien il peut être interstitiel; jamais il n'est fragmentaire. Sans m'arrêter à ces particularités et sans détailler ici toutes les différences que présentent les roches pyroclastiques des couches géologiques anciennes ou récentes et les météorites dont on les a rapprochées, je dois constater, contrairement à l'opinion d'un grand nombre de savants, que dans la majorité des cas les chondrites que j'ai examinés sont des roches qui étaient cristallines à l'origine. Je me range donc sans hésiter avec ceux qui n'admettent pas que ces masses cosmiques soient des agglomérations de produits volcaniques incohérents.

Mais comment expliquer dans cette hypothèse l'aspect clastique, sableux, presque ponceux, pulvérulent, tufacé que les chondrites présentent à des degrés différents lorsqu'on les examine à l'œil nu, ou lorsqu'on les étudie au microscope sur les plaques minces si difficiles à tailler à cause même de cette friabilité? Un coup d'œil sur les remarquables photographies micrographiques de l'atlas de Tschermak suffit pour se convaincre que réellement les chondrites portent des traces de clasticité, mais hâtons-nous d'ajouter que ce n'est pas la clasticité des roches détritiques ou des tufs volcaniques. Un peu d'attention permet bientôt de constater sur un grand nombre de figures de cette publication que les fractures qui sillonnent les minéraux constitutifs ne sont pas dues au transport, que les fissures très fines et les crevasses plus larges qui traversent ces minéraux ont été incontestable-

ment provoquées sous l'influence des pressions intenses produites lorsque les éléments minéralogiques constituant ces roches étaient *in situ*, juxtaposés, occupant les uns vis-à-vis des autres la position qu'ils avaient après la solidification de la masse. Ceci découle à toute évidence du fait que le plus grand nombre de ces cristaux brisés montrent leurs fragments réunis et groupés en une seule plage, reliés par des propriétés optiques communes. Ces pièces de rapport juxtaposées avec de légers déplacements prouvent d'une manière formelle par leur position relative, que nous n'avons affaire ici qu'à des phénomènes de dislocation sur place, et qu'il est impossible de faire intervenir la fragmentation, la trituration, ou même l'éclatement durant le transport. Il serait vraiment étrange que les fragments d'un même cristal brisé lors de la projection hors de l'orifice volcanique soient venus, après un transport dans l'espace, se réunir de manière à reconstituer le cristal primitif : chacun des fragments occupant vis-à-vis des autres la position de pièces de rapport qu'on peut rattacher, grâce à leur forme et à leurs propriétés optiques communes, à un seul individu cristallin brisé dont les parties auraient subi de légers déplacements. Nous ne devons pas insister sur ces faits que nous avons constatés des milliers de fois : ils parlent par eux-mêmes. (Voir en particulier les figures 3, pl. I ; 2, 3, 4, pl. II; 4, pl. III; 4, pl. IV; 2, 4, pl. VI de l'atlas de Tschermak; voir aussi le photogramme 1 qui accompagne cette notice et qui représente une plage de la météorite d'Ibbenbühren (préparation du Musée de Vienne); une autre plage de la même météorite est reproduite dans l'atlas de Tschermak, fig. 4, pl. VI.)

Je rappelle en outre que dans ma notice sur la météo-

rite de Lesves, j'ai déjà signalé que les cristaux de péridot montraient des *extinctions roulantes*, indiquant ainsi les pressions déformatrices auxquelles ils furent soumis, et j'ai constaté, en outre, dans cette météorite, la *structure en mortier*, caractéristique de la cataclase. On voit, en effet, dans cette pierre, comme dans presque toutes celles que j'ai examinées, autour des plus grands cristaux dont le centre peut avoir conservé son intégrité, une zone de débris clastiques qui va se perdant dans la masse entourante. Ces grains fins simulent en quelque sorte une masse fondamentale et ne sont autre chose que les particules broyées et disloquées du cristal qu'ils encadrent. Ces grains s'emboîtent, peut-on dire, et sauf quelques légers déplacements ou glissements, ils ont conservé la position relative qu'ils avaient après leur rupture.

C'est ainsi qu'on peut observer autour de toutes les grandes sections cristallines d'aspect ruiniforme et à bords fissurés, des fragments détachés plus ou moins réduits en poussière, et qui forment comme le ciment qui enchâsse les grains de plus grande dimension. Quelques-uns de ces cristaux sont broyés jusqu'au centre de la plage, et suivant les lignes de clivage à l'intérieur même de la section se sont accumulées des particules provenant du broyage. Dans certains cas, les contours primitifs de cette section sont absolument effacés et une agglomération de grains marque la place occupée autrefois par la plage cristalline continue. Ainsi, la masse très fine intercalée partout entre les chondres et les grandes plages de cristaux ne serait autre chose que le produit de la trituration des éléments originaires. Quelquefois le broyage s'est fait sentir jusqu'au centre du cristal en s'avançant le long des lignes de clivage qui sont jalonnées par une pous-

sière résultant de l'écrasement. (Voir le photogramme 2 représentant la météorite de Lesves qui montre un degré de cataclase très avancé.)

Ces détails micrographiques sont bien ceux qu'on constate dans les cas de dynamométamorphisme. Les roches péridotiques terrestres, celles qui se rapprochent le plus des corps cosmiques dont il s'agit et qui ont été soumises à cette action modificatrice, nous offrent des faits analogues. Ainsi, d'après Reusch et Brögger, certaines péridotites ont été transformées en masses à grains fins, presque sableuses et friables, sous l'influence des pressions orogéniques qui ont en quelque sorte écrasé et pulvérisé ces roches cristallines. J'interprète de la même manière la structure des chondrites et l'aspect tufacé de leur masse fondamentale : les météorites dont il est question dans cette notice étaient cristallines à l'origine ; elles auront été broyées sous l'influence des actions dynamiques, et modifiées au point de présenter comme une pseudo-masse fondamentale ou pâte qui n'est qu'une poussière de substance cristalline désagrégée sur place. Les plages plus grandes de cristaux qui se détachent de cette espèce de pâte sont celles où le broyage n'a pas atteint le centre et s'est arrêté aux parties périphériques; par leur volume, elles ont été mieux défendues contre un broyage total. Lorsque ces cristaux n'ont pas été entièrement pulvérisés, l'effort mécanique auquel ils furent soumis se traduit cependant par les extinctions roulantes et par un lacis remarquable de petits joints qui sillonnent les minéraux des météorites, par les fissures qui les traversent et qu'on peut suivre dans les plages adjacentes, montrant ainsi que la dislocation s'est produite lorsque la roche avait déjà pris corps.

J'ai dit plus haut que des différences saillantes existaient cependant entre les effets produits par le métamorphisme mécanique sur les roches météoriques et ceux qu'il détermine sur les roches terrestres dans les mouvements orogéniques; j'ajoutais que ces anomalies avaient peut-être eu pour effet de voiler l'analogie qui existe quant à la cause en jeu dans le métamorphisme des roches cosmiques et terrestres. Une différence saillante, en effet, entre ces dernières et les chondrites, c'est la nature peu consistante, presque friable, des roches chondritiques. Les roches terrestres qui ont été soumises aux mêmes actions dynamiques sont toujours, peut-on dire, beaucoup plus compactes et plus massives : alors même que la pression y aurait déterminé une structure bandée zonaire, ou feuilletée; la texture de la roche est toujours plus serrée et plus compacte. Il me paraît que ces différences trouvent leur explication dans les considérations suivantes : lorsque les phénomènes de dynamométamorphisme se produisent pour les roches terrestres, ils sont généralement accompagnés ou suivis d'actions chimiques qui restituent à la masse broyée une certaine continuité; il n'y a pas seulement broyage, glissement et déplacement mécaniques des éléments constitutifs, mais des déplacements moléculaires se produisent, et des minéraux de seconde formation sont engendrés. Or pour les météorites ces derniers phénomènes ne pouvaient se produire. Si elles n'ont pas subi cette recimentation, si les particules constitutives sont en quelque sorte restées incohérentes, c'est que l'eau, ce véhicule de presque toutes les réactions minérales qui se sont produites dans la croûte terrestre, n'était pas en présence lors de la formation de ces roches, et que les actions oxydantes étaient réduites à

un minimum, comme nous le prouve en particulier la présence du fer à l'état natif.

Ce n'est pas le lieu d'entrer ici dans d'autres détails relatifs aux conditions de formation des chondrites; je n'insiste que sur un point se rattachant directement à notre sujet : c'est que je suis peu porté à admettre que ces phénomènes de métamorphisme dynamique se soient produits pour les chondrites avec une élévation bien notable de température : dans ce cas, on observerait des produits de fusion, des alliages et des combinaisons du fer avec les silicates associés, semblables à ceux que nous montre la croûte externe produite par l'échauffement que ces pierres ont subi en traversant notre atmosphère.

J'ai voulu contrôler par l'expérience les observations sur la cataclase des météorites pierreuses, et réaliser dans le laboratoire des phénomènes analogues à ceux que la pression a produits dans ces roches cosmiques. Ce qui m'engageait surtout à tenter ces essais, c'est que les phénomènes à reproduire se présentaient comme relativement simples, plus simples en tout cas que ceux provoqués dans les roches terrestres par les mouvements orogéniques. On sait, en effet, que trois facteurs entrent en jeu dans les phénomènes du métamorphisme dynamique auxquels sont soumises les roches profondes : une pression énergique s'exerçant dans tous les sens, analogue donc à une pression hydrostatique, une température élevée et enfin l'action des eaux circulant dans ces roches. Or, comme nous l'avons dit à l'instant, on déduit des faits observés par l'examen lithologique des météorites, que nous pouvons faire abstraction des deux derniers facteurs : les minéraux même les plus hydratables qui constituent ces corps cosmiques, ne portent jamais

la trace de l'action de l'eau, rien n'indique que les phénomènes de pression aient été accompagnés pour les météorites d'une élévation notable de température. Nous n'avons donc, pour reproduire la cataclase des météorites, qu'à mettre en jeu une pression énergique, autant que possible analogue à la pression hydrostatique. Pour réaliser ces expériences, j'ai eu recours au bienveillant concours de M. le Dr Stöber, qui s'occupe en ce moment d'études relatives aux phénomènes produits par la pression dans les corps cristallisés. A cet effet, il a fait construire sur ses données, par la firme Kärger, de Berlin, une puissante presse en acier spécialement destinée à ces recherches, et qui se prête parfaitement aux expériences que j'avais en vue. Sans entrer dans la description de l'appareil à compression que M. Stöber donnera lorsqu'il publiera les résultats de ses études personnelles, je me borne à constater que cette presse, à l'aide de laquelle on peut atteindre 5 à 6,000 atmosphères, est à mon avis appelée à rendre de grands services dans les laboratoires géologiques.

J'ai choisi pour la soumettre à l'expérience une roche remarquablement cristalline que j'avais recueillie comme échantillon isolé près d'un gîte de kaolin, à Matagne-la-Petite (1).

---

(1) Je suis porté à assimiler ce grès aux blocs épars à la surface du sol, qu'on rencontre en particulier aux environs de Dourbes et de Fagnolle, et dont M. Bayet s'est occupé dans sa *Première note sur quelques dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse* (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE, t. X, 1896, p. 135). Je tiens à remercier ce savant pour les indications qu'il m'a obligeamment données sur la roche dont il s'agit. Je crois pouvoir admettre qu'à l'origine elle était probablement une

Cette roche est un grès blanc ressemblant comme aspect à un calcaire saccharoïde à grains fins; cependant les grains constitutifs n'ont pas une structure microgranitoïde; chacun d'eux est un cristal irrégulièrement terminé à vrai dire, mais montrant des faces de prisme et, plus vaguement, celles de la pyramide. On constate, en outre, que tous ces cristaux ébauchés ont une orientation plus ou moins parallèle, comme on peut le voir dans le photogramme 3, qui représente, en lumière polarisée, une section mince du grès, tel qu'il se montre avant d'avoir été soumis à la pression. Cependant, cette orientation n'a pas une constance absolue, ainsi qu'on l'observe dans le même photogramme, où des cristaux plus ou moins perpendiculaires aux premiers sont représentés par de petites plages presque circulaires ou même vaguement hexagonales, au lieu de se montrer en lamelles allongées éteignant en long. Telle est la transparence des lames minces de cette roche composée presque exclusivement de quartz hyalin et de quelques rares granules de glauconie, telle est la limpidité de ces cristaux incolores juxtaposés, qu'il devient assez difficile de les distinguer les uns des autres lorsqu'on les observe en lumière ordinaire; pour se rendre compte de la structure

---

masse sableuse dont les grains irréguliers amoncelés auront été cimentés par des infiltrations de matière siliceuse, qui s'orientait sur les grains primitifs, de manière à reconstituer la forme cristalline et à donner à l'ensemble l'aspect remarquablement cristallin de cette roche. Je n'insiste pas davantage sur l'origine et l'âge de ce grès, n'ayant pas d'opinion définitive à cet égard, et cette question n'ayant pas de rapport direct avec celle que je traite dans cette notice; mais je signale en passant le grand intérêt que présente l'étude de ces fragments de grès cristallisé.

et de la nature minéralogique, il faut recourir à l'emploi de la lumière polarisée, comme il a été fait pour le photogramme 3. J'aurais pu opérer sur une autre roche, mais j'en aurais difficilement rencontré qui fût plus propre à révéler les modifications qui allaient se produire dans la structure pendant l'expérience. Un fragment de ce grès d'environ 10 millimètres de base sur 20 de hauteur fut enveloppé entièrement dans un cylindre d'alliage de Rose, de 15 millimètres de diamètre sur 55 de haut. La pierre ainsi recouverte par l'alliage fut introduite dans l'orifice cylindrique de l'appareil et soumise pendant trois heures environ à une pression qu'on peut évaluer à 5,000 atmosphères. Sous cette pression, l'alliage se comportant comme un liquide, on peut dire qu'on s'approche sensiblement des conditions de la pression hydrostatique. Lorsque après l'expérience on dégage le fragment de grès de son enveloppe métallique, sa forme n'est nullement modifiée; son aspect externe est resté absolument le même; la roche n'est pas sensiblement plus friable, seulement on observe une tendance à un feuilletage grossier, normal à la direction de la pression exercée par la vis. Suivant ce plan, le fragment se brise avec plus ou moins de facilité en lames épaisses de 2 millimètres environ; mais, sauf cette espèce de clivage presque latent, rien n'est modifié à l'aspect extérieur.

Il en est tout autrement de la structure interne (voir photogramme 4). Si l'on examine au microscope une lame taillée dans le fragment qui a été comprimé, on voit d'une manière frappante les effets de cette compression : plus une seule plage cristalline n'a conservé son intégrité; jusqu'au cœur même du fragment, toutes se sont brisées et plus ou moins disloquées. En comparant les deux

photogrammes 3 et 4, juxtaposés sur la planche, on voit le contraste le plus frappant : le premier est incontestablement celui d'une roche cristalline, le second est celui d'un grès clastique, et si l'on ignorait que celui-ci n'est autre chose que la première roche broyée par cataclase, on n'hésiterait pas à le prendre pour un amas de grains de sable irréguliers agglomérés comme ceux d'un grès sédimentaire.

Dans cette expérience, on a donc reproduit artificiellement la structure cataclastique au degré où elle se montre dans les météorites, et l'on peut conclure de ce que nous observons dans ce grès que c'est à la même cause qu'est dû l'aspect clastique des météorites pierreuses. Pour celles-ci comme pour la roche arénacée, il y a des analogies incontestables de structure; dans les deux cas, on constate le broyage de tous les cristaux sur place, leurs tronçons gisent les uns près des autres avec légers déplacements, s'emboîtant presque comme des pièces de rapport, et ces phénomènes de pression ont à eux seuls suffi à voiler la structure primitive. On a donc reproduit par ces expériences des faits analogues à ceux constatés dans les chondrites, où ni la température ni l'hydratation n'ont joué un rôle important lors du métamorphisme, mais où la pression seule doit être entrée en jeu. Dans le grès toutefois, le broyage a déterminé la formation de grains d'une dimension un peu plus uniforme que dans les météorites, la structure en mortier n'est pas aussi nettement indiquée peut-être, mais il n'est pas difficile de trouver l'explication de ces différences, si l'on tient compte de la nature du minéral et de ses dimensions uniformes dans la roche sur laquelle a porté l'expérience; si l'on tient compte, en outre, que les grains brisés n'ont

pu subir de déplacements latéraux. Pour avoir des analogies beaucoup plus complètes encore, pour reproduire en particulier l'aspect tufacé, il faudrait évidemment agir sur des roches silicatées de composition semblable à celle des météorites pierreuses, et de structure spéciale. C'est dans cette voie que M. Stöber et moi nous poursuivrons ces recherches. Nous nous attacherons aussi à prolonger la durée de l'expérience; nous avons dû l'interrompre après trois heures, afin de ne pas déformer l'appareil. Il est très probable que si nous avions maintenu pendant plus longtemps sous pression les fragments de grès sur lesquels nous avons expérimenté, nous eussions provoqué des extinctions roulantes. Je ne voudrais pas affirmer que cette déformation optique ne se soit pas produite dans ces essais; mais je n'ai pas pu la constater avec certitude, à cause des difficultés qui s'opposent à amener à une minceur suffisante ces grains brisés et simplement juxtaposés.

Quoi qu'il en soit de ces différences de détail, nous croyons avoir montré par l'expérience comment, sous l'influence de la pression, une roche cristalline peut se transformer en une masse d'aspect clastique à laquelle on pourrait attribuer une origine sédimentaire. Sans nous arrêter à montrer ce que ces essais peuvent avoir d'intéressant pour l'étude des roches terrestres, bornons-nous à constater combien ils appuient l'interprétation que j'ai donnée de la structure des chondrites et des météorites pierreuses en général.

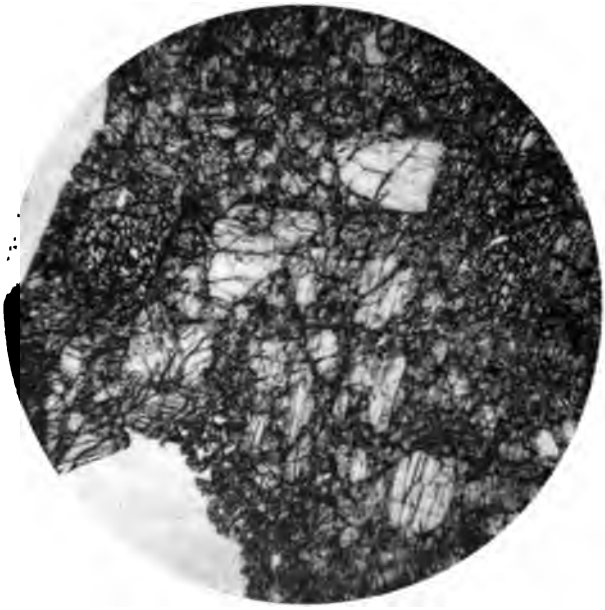
Personne plus que moi n'est convaincu des difficultés qui entourent le problème que j'ai tenté d'aborder, mais si le point de vue auquel je me suis placé est le vrai, on

pourrait considérer la question encore pendante des conditions de formation des chondrites comme ayant fait un grand pas.

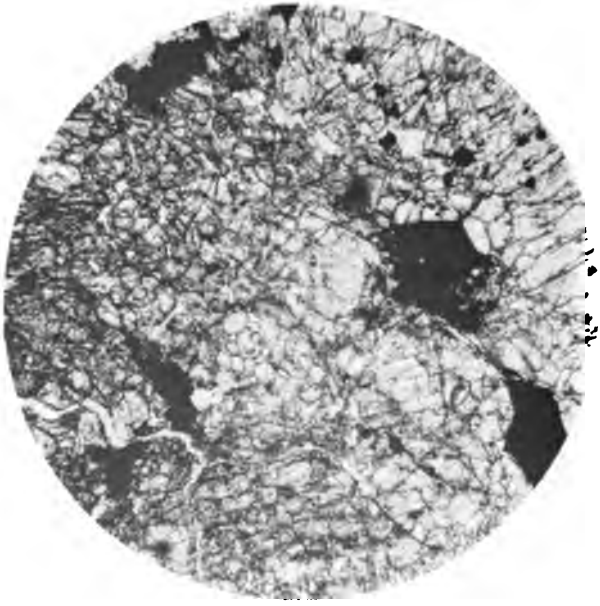
Il est presque inutile de rappeler qu'on peut rencontrer des météorites de ce type qui sont de nature tufacée, et que depuis longtemps on a trouvé des météorites bréchiformes; mon but n'a pas été d'infirmer ou de confirmer ces faits; j'ai voulu rattacher à sa cause la structure pseudoclastique, si je puis m'exprimer ainsi, qui a induit en erreur certains observateurs; je me suis proposé d'interpréter cette structure comme étant provoquée par le métamorphisme dynamique, appliquant ainsi pour la première fois à la généralité de ces corps cosmiques un mode d'interprétation qui a permis de dévoiler l'origine d'un grand nombre de roches terrestres, envisagées jusqu'ici comme indéchiffrables.

Outre l'intérêt qui s'attache aux faits que mettent en lumière les observations dont je viens de donner un exposé sommaire, il en est un autre d'un ordre plus général et sur lequel j'insiste en terminant : c'est l'universalité du métamorphisme mécanique. Il convient de l'envisager comme un phénomène cosmique et l'on ne peut manquer d'être frappé en voyant l'unité, déjà constatée sur tant de points entre les roches terrestres et les masses extra-terrestres, se confirmer encore au point de vue d'un mode de structure que les investigations les plus modernes, peut-on dire, ont révélé dans les masses rocheuses de notre planète.

---



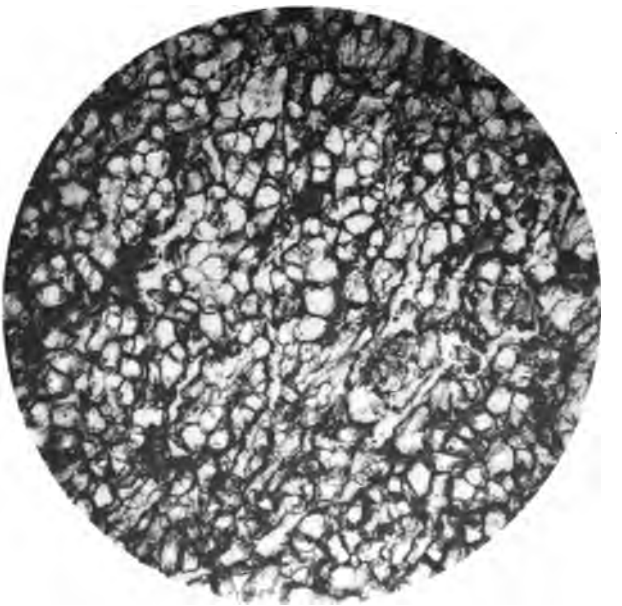
Photogramme 1.



Photogramme 2.

ıstelein. Bruxelles.

Photogramme 3.



Photogramme 4.

# EXPLICATION DES PHOTOGRAMMES.

—

Phot. 1. — Météorite d'Ibbenbühren. Structure en mortier entre les grands fragments de cristaux de bronzite. Ces fragments, au nombre d'une dizaine, constituent les débris disloqués en place d'un ou deux cristaux, ainsi qu'on peut le reconnaître par leur forme, leur aspect, leur disposition relative et leurs propriétés optiques communes. On observe des phénomènes analogues dans la photographie de la même météorite publiée dans l'Atlas de Tschermak, fig. 3, pl. VI. Lum. ord., $^{20}/_{1}$. Échantillon du Musée de Vienne. (Nous avons reproduit cette photographie de la météorite d'Ibbenbühren, bien que celle-ci n'appartienne pas aux chondrites, pour montrer que la structure cataclastique n'est pas exclusivement propre aux météorites de ce dernier type.)

Phot. 2. — Météorite de Lesves. Structure cataclastique tellement prononcée qu'on peut à peine reconnaître dans la microphotographie les formes primitives des plages cristallisées qui ont été broyées en place. Lum. ord.; $^{58}/_{1}$.

Phot. 3. — Grès blanc cristallin recueilli à Matagne. Ce photogramme représente la roche avant d'être soumise à la pression. Les plages allongées plus ou moins parallèles, éteignant en long, sont des sections de quartz parallèles à l'axe *c*; d'autres sections arrondies, vaguement hexagonales, sont taillées plus ou moins normalement à cet axe; d'autres plages enfin ont une orientation irrégulière. On voit que tous les éléments de cette roche ont des formes cristallographiques assez nettement accusées. Lum. pol. Nic. à 45°, $^{17}/_{1}$.

[illegible] magne après avoir été [illegible] toutes les sections cristal- [illegible] disloquées; la roche apparaît [illegible] formée d'une accumulation [illegible] sable irrégulièrement agglomérés, [illegible] d'un grès sédimentaire. Lum. [illegible]

---

*Sur les conditions générales de l'équilibre dans les vases communiquants;* par G. Van der Mensbrugghe, membre de l'Académie.

A l'appui de la théorie capillaire que j'ai proposée (1) pour remplacer les méthodes classiques qui toutes supposent l'hypothèse irréalisable d'une masse liquide en équilibre dans l'ensemble de ses parties, j'ai tâché depuis longtemps, on se le rappelle, de multiplier les preuves expérimentales des effets de l'élasticité des liquides; aujourd'hui je viens apporter quelques faits nouveaux et fort simples qui montrent parfaitement le rôle très important de cette élasticité.

Dans des publications antérieures, j'ai déjà fait voir que dans un vase, ou mieux dans un tube, on peut réaliser aisément l'équilibre hydrostatique d'un liquide aussi bien lorsque chaque élément de ce dernier est soumis à une pression inférieure à celle du milieu ambiant que dans le cas ordinaire.

---

(1) *Principes généraux d'une nouvelle théorie capillaire* (ANN. DE LA SOC. SCIENTIF. DE BRUXELLES, t. XX, 1re part., 1896).

Mais en est-il de même de l'équilibre d'un ou de deux liquides dans des vases communiquants? C'est ce que nous allons examiner.

Et d'abord, en ce qui concerne le cas d'un seul liquide, je pourrai être très bref. En effet, si l'on verse un liquide dans l'un des vases communiquants, on le verra aussitôt monter au même niveau dans les autres; c'est évidemment parce qu'un élément situé, par exemple, à une profondeur $h$ au-dessous du niveau commun, supporte une pression égale à $p + h\delta$, $p$ étant la pression atmosphérique et $\delta$ le poids spécifique du liquide.

Mais si l'on retourne l'appareil de haut en bas et qu'on fasse plonger les ouvertures des vases dans le liquide, il suffit de diminuer suffisamment, par aspiration par exemple, la pression de l'air intérieur, pour que du liquide se soulève partout à la même hauteur dans les différents vases; pour un élément situé à une distance $h$ du niveau dans le réservoir, il est clair que la pression sera $p - h\delta$; pour faire voir que la colonne soulevée est soumise à une pression moindre que celle de l'atmosphère, on n'a qu'à amener dans une partie de cette colonne l'ouverture d'un tuyau de caoutchouc; on constate ainsi que ce n'est pas le liquide qui s'écoule, mais bien l'air qui entre et abaisse immédiatement les colonnes jusqu'au niveau primitif dans le réservoir; c'est ce qui permet de conclure que la force élastique d'un liquide diminue avec la pression qu'il supporte.

On peut remarquer que, dans les expressions ci-dessus, nous avons conservé le terme $p$ représentant la pression atmosphérique; nous avons eu un double motif pour en agir ainsi : d'abord, si nous voulons nous faire une idée précise de la réaction élastique du liquide à chaque

instant, nous ne pouvons négliger aucune force capable de modifier cette réaction; or il suffit que le liquide monte seulement de 1 millimètre dans l'un des vases communiquants pour que l'équilibre soit rompu et ne puisse être rétabli qu'au moment où le niveau devient le même dans tous les vases; et pourtant 1 millimètre de hauteur d'eau, par exemple, ne représente pas même la dix-millième partie d'une atmosphère.

Le second motif pour lequel il faut conserver le terme $p$, c'est que, dans la nature, la pression atmosphérique varie, et parfois même très notablement, d'une région à l'autre; voilà pourquoi il y a parfois, dans les bassins des mers, de fortes dénivellations dues précisément à ces différences entre les pressions barométriques d'un lieu à un autre. Si nous admettons, par exemple, que la différence entre les pressions barométriques de deux régions en mer soit de 3 centimètres de mercure, la dénivellation produite serait de plus de 40 centimètres.

Passons maintenant au cas de deux liquides en équilibre dans des vases communiquants.

Pour plus de clarté, nous rappellerons une expérience que nous avons déjà décrite en 1893 (1); elle consistait à remplir complètement d'eau un siphon ordinaire, et, après avoir bouché l'extrémité encore ouverte, à plonger le bout de la longue branche dans une capsule contenant de l'eau, et celui de la courte branche dans une capsule renfermant du mercure; en débouchant ensuite de part et d'autre, nous avons vu le mercure s'élever dans la

---

(1) *Sur la pression hydrostatique négative* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXV, p. 433).

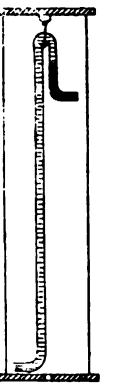
courte branche à une hauteur $h$ telle que les pressions estimées dans le plan horizontal tangent au sommet de la colonne de mercure fussent égales, c'est-à-dire que

$$p - H = p - h\delta,$$

H étant la distance de ce plan horizontal au niveau de l'eau de la capsule, et $\delta$ le poids spécifique du mercure.

L'équilibre des deux colonnes n'est pas rompu, nous l'avons constaté, lorsque nous retirons les deux branches l'une de l'eau, l'autre du mercure, pourvu que nous ayons eu soin de replier à angle droit chacune de ces dernières sur une longueur de 3 à 4 centimètres et que les portions coudées n'aient que 3 ou 4 millimètres de diamètre intérieur; dès lors l'appareil peut être librement suspendu dans l'air.

Cela étant, nous nous sommes demandé si cet équilibre se maintiendrait encore dans un milieu où l'air serait fortement raréfié; $p$ deviendrait alors notablement inférieur à $h\delta$ ou H. En cas d'affirmative, toute la masse de chacune des deux colonnes serait soumise réellement à une force de traction.



Pour décider ce point, nous nous sommes procuré un cylindre en verre de 50 centimètres de longueur, de 10 centimètres de diamètre et à bords parfaitement dressés; un couvercle approprié permettait de fermer hermétiquement le cylindre à l'un des bouts. Le siphon avait une branche de 48 centimètres et une courte branche de 8 centimètres de longueur (voir fig. ci-dessus), sans compter les portions coudées. Avant

d'introduire l'appareil dans le cylindre, nous avons pris les précautions suivantes : nous avons rempli d'abord le siphon d'eau distillée qui avait été soumise à une longue ébullition dans le vide, et les deux bouts ont été bouchés de manière à ne laisser entrer aucune bulle d'air; nous avons laissé l'instrument en repos pendant cinq à six heures, afin que la couche d'air adhérente à la paroi intérieure pût être absorbée par l'eau débarrassée de l'air dissous; puis, sans mettre une extrémité ouverte en contact avec l'atmosphère, nous avons remplacé par aspiration la colonne liquide par une nouvelle colonne d'eau bouillie. Les deux bouts étant bouchés, celui de la courte branche a été immergé dans le mercure et celui de la longue branche dans de l'eau distillée; après quoi, les deux extrémités ont été débouchées, et le mercure est monté dans la courte branche, comme il a été exposé plus haut. C'est seulement alors que l'appareil a été introduit dans le cylindre et le couvercle appliqué avec les soins nécessaires.

Alors nous avons pu constater que, malgré la raréfaction graduelle de l'air, l'équilibre entre les deux colonnes s'est parfaitement maintenu; en tenant compte de la tension de la vapeur d'eau, nous avons trouvé finalement que la pression intérieure, estimée en colonne de mercure, n'était pas même égale au quart de la hauteur $h$.

Cette expérience nous permet d'affirmer que *deux colonnes soumises l'une et l'autre à un état de traction peuvent aussi bien se faire équilibre que deux colonnes se trouvant dans un état de compression.*

Il est à remarquer toutefois que si la condition

$$p - h\delta = p - \mathrm{H}$$

est nécessaire, elle n'est pas toujours suffisante; car si $\mathrm{H} - p$ devenait supérieur à la force élastique de traction maximum de l'un ou de l'autre liquide ou bien de leur couche de contact, l'équilibre serait impossible. Mais on sait que cette force maximum est de 5 atmosphères au moins par centimètre carré pour l'eau distillée parfaitement débarrassée de l'air dissous. Pour le mercure pur, cette constante serait bien plus considérable encore.

En résumé, la condition générale d'équilibre d'un liquide dans les vases communiquants est en réalité exprimée par la double formule

$$p \pm h\delta = \text{constante}$$

dans un même plan horizontal, selon qu'il s'agit d'un appareil ordinaire, ou bien d'un appareil retourné de haut en bas.

La condition d'équilibre de deux liquides de densités $\delta$, $\delta'$ dans des vases communiquants est donnée par la double relation

$$p \pm h\delta = p \pm h'\delta',$$

$h$ étant la hauteur de l'un des liquides, $h'$ celle de l'autre. Le signe $+$ se rapporte au cas ordinaire, le signe $-$ au cas de l'appareil renversé.

—

*Vérification pratique des formules du mouvement de l'écorce terrestre;* par F. Folie, membre de l'Académie.

1. En 1898, j'ai exposé les formules du mouvement de rotation de l'écorce terrestre (*). Je n'en retiendrai ici que ces deux points :

C'est qu'il existe pour l'écorce :

*A*. Un terme rétrograde de nutation générale à période chandlérienne et à coefficients arbitraires;

*B*. Trois termes à caractère diurne et de période eulérienne (304), chandlérienne (431) et annuelle.

Cette année-ci même, j'ai rétabli correctement les formules du mouvement de rotation de la Terre rapportées aux axes instantanés, et montré qu'elles ont l'inconvénient d'être absolument inapplicables dans la pratique, et ce vice, plus capital encore, de ne pouvoir définir qu'une heure variable d'un observatoire à un autre.

Il en résulte qu'il faut en revenir au système des axes principaux, adopté du reste par tous les géomètres qui, depuis Euler jusque Tisserand, ont traité du mouvement de rotation de la Terre.

C'est-à-dire que les termes eulérien, chandlérien et annuels interviendront dans les formules, en affectant le caractère diurne qui provient de ce que ces termes résultent du mouvement de l'axe d'inertie autour de l'axe instantané.

---

(*) *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide du globe.* Bruxelles, Hayez, 1896. (MÉM. DES MEMBRES, in-4°, t. LIII.)

C'est à démontrer pratiquement ces deux points que je me suis surtout attaché, savoir :

A. *L'existence d'un terme rétrograde de nutation à période chandlérienne;*

B. *L'existence des termes eulérien, chandlérien et annuels, là même où les astronomes prétendent unanimement qu'ils ne peuvent exister;*

C. *Enfin, les résultats confirmeront l'harmonie de l'explication de ces dernières variations et de celle des variations de latitude.*

2. Je commencerai par rappeler deux des conséquences de mes formules :

1° C'est que les termes eulérien, chandlérien et annuels, à raison de leur caractère diurne, disparaissent dans la somme de deux ascensions droites ou de deux déclinaisons $s$ et $i$ consécutives, ou dans la différence de deux latitudes consécutives, en sorte qu'il ne reste alors à trouver que notre terme rétrograde, ainsi que l'aberration et la parallaxe (je fais ici abstraction de la petite correction que le coefficient du terme de nutation en ☉ doit subir pour l'écorce, et qui ne peut dépasser quelques millièmes de seconde d'arc).

2° Qu'au contraire, si l'on prend la différence entre deux ascensions droites ou deux déclinaisons $s$ et $i$ consécutives, son expression renfermera exclusivement tous les termes diurnes (eulérien, chandlérien, annuels).

Cette seconde conséquence est niée par tous les astronomes quant à l'ascension droite. Elle est traduite par eux en variation de la latitude, quant à la déclinaison.

Je m'occuperai donc surtout ici, en ce qui concerne le second point, de l'ascension droite.

## A. — Existence d'un terme rétrograde de nutation a période chandlérienne.

### *Formules générales.*

3. Le terme rétrograde s'exprime, en obliquité et en longitude, par (*)

$$\Delta\theta = \gamma \sin(\beta'_0 - \beta' t),$$
$$\sin\theta\Delta\psi = \gamma \cos(\beta'_0 - \beta' t),$$

d'où l'on déduit

$$\Delta\delta = \sigma\xi + \varkappa\eta,$$
$$\cot\delta\Delta\alpha = -\varkappa\xi + \sigma\eta,$$

$\xi$ et $\eta$ désignant les produits de $\gamma$ par le sin et le cos de $\beta'_0 - \alpha$, $\sigma$ et $\varkappa$ les sin et cos de $\beta' t$, dont la période est celle de Chandler, que nous avons supposée de 432 jours.

En ajoutant à ces variations celles qui proviennent de l'aberration et de la parallaxe, dépendant toutes deux de la longitude du Soleil, dont nous désignerons le sin et le cos par $s$ et $c$, nous aurons :

$$(1) \quad \ldots \quad \Delta\delta = \sigma\xi - \varkappa\eta + sx + cy = 0,$$

$$(2) \quad \ldots \quad \cot\delta\Delta\alpha + \varkappa\xi - \sigma\eta + sx + cy = 0.$$

On connaît les expressions de $x$ et de $y$; nous les rappellerons, du reste, ci-dessous.

---

(*) *Ouvrage cité*, p. 32.

### *a.* — Preuve par les déclinaisons de la polaire.

4. Nous avons appliqué l'équation (1) à la différence D des résidus $s$ et $i$ obtenus par Peters dans ses recherches sur la latitude de Poulkova; cette différence renferme $2\Delta\delta$. En remplaçant $\Delta\delta$ par $n = D$, nous obtiendrons donc des valeurs trop fortes du double pour chaque inconnue. Voici le tableau des équations de condition, dans lequel $p$ indique le poids, c'est-à-dire le nombre des couples observés :

| | | $p$ | $s$ | $c$ | $\sigma$ | $\varkappa$ | D | D' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1842 | Mars. . . . . | 5 | - 7.8 | - 99 | 62 | 78 | - 6.2 | - 3.9 |
| | Avril. . . . . | 26 | 46 | 75. | 23. | 96 | 12.2 | - 7.1 |
| | Mai-juin . . . . . | 42 | 93 | 40. | - 39 | 89. | 32.4 | 10.4 |
| | Juillet-août . . . . | 41 | 76 | - 62 | - 92 | 25. | - 4.5 | - 11.5 |
| | Septembre . . . . | 14 | 6. | - 99. | - 90. | 40. | - 4.6 | - 1.4 |
| | Octobre-décembre . . | 20 | - 47 | - 86 | - 64. | - 64 | - 6.3 | 5.1 |
| 1843 | Janvier-mars. . . . | 10 | - 20. | 85 | 93. | - 25 | - 5.2 | - 5.3 |
| | Avril . . . . . | 33 | 39 | 90 | 92. | 34 | 8.6 | - 6.0 |
| | Septembre. . . . . | 9 | 12. | - 99 | - 82 | 56. | - 2.0 | - 0.8 |
| | Octobre-décembre . . | 16 | - 32 | - 72 | - 87 | 89 | - 16.0 | - 13.3 |
| 1844 | . . . . . | 16 | 14 | 23 | - 42. | - 18 | 3.1 | - 0.4 |

Tous les nombres, à l'exception des $p$, sont multipliés par 100.

L'unité est la seconde d'arc.

D' sont les résidus obtenus en substituant à $x$, $y$, $\xi$, $\eta$, les valeurs respectives — 0.135, — 0.075, 0.005, 0.065 obtenues au moyen des moindres carrés dans les équations de condition

$$sx + cy + \sigma\xi + \varkappa\eta + D = 0;$$

on trouve

$$\Sigma p D^2 = 6.11. \quad \Sigma p D'^2 = 1.61.$$

L'erreur probable d'une observation est donc diminuée de plus de moitié.

De

$$\sqrt{\xi^2 + \eta^2} = 0''.0652,$$

on déduit

$$\gamma'' = 0''.0326,$$

parce que la différence des latitudes renferme non pas $\Delta\delta$, mais $2\Delta\delta$. Puis $\beta'_0 - \alpha = 4°30'$, 11 juillet 1843.

La diminution considérable de l'erreur probable, malgré la petitesse des valeurs des inconnues, prouve l'existence de notre terme rétrograde, existence que nous vérifierons également par les ascensions droites, nous réservant de revenir ultérieurement sur les valeurs de $x$ et de $y$.

### *b*. — Preuve par les ascensions droites de la polaire.

5. Les ascensions droites de Lindhagen, groupées également, nous ont fourni le tableau suivant, dans lequel $n$ désigne la demi-somme des résidus $s$. et $i$. consécutifs de Lindhagen, diminués de 0°02, $s$, $c$, $\sigma$, $\varkappa$, comme précédemment, les sin et cos respectifs de ⊙ et de $\beta' t$.

| | | $p$ | $n$ | $s$ | $c$ | $\sigma$ | $\varkappa$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1842 | Mars. . . . . | 4 | 20 | 3 | 100 | - 59 | 80. |
| | Avril. . . . . | 13 | - 17 | 34 | 92 | - 70. | 45. |
| | Mai . . . . . | 17 | - 15.7 | 82 | 52 | - 98. | 7. |
| | Juin . . . . . | 15 | - 2.5 | 98 | 16 | - 95 | - 29 |
| | Juillet-août . . . . | 18 | - 0.2 | 65. | - 73 | - 39 | - 91 |
| | Septembre. . . . . | 7 | - 20 | 10 | - 99. | 15 | - 99 |
| | Octobre. . . . . | 11 | - 18.5 | - 36 | - 93 | - 51 | - 85 |

| | | $p$ | $n$ | $s$ | $c$ | $\sigma$ | $\varkappa$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1843 | Février . . . . . | 3 | - 15 | - 57 | 82 | 74 | 66 |
| | Mars. . . . . | 8 | 4.3 | - 4 | 99 | 32 | 94. |
| | Avril. . . . . | 16 | 3 | 51 | 80. | - 15 | 98 |
| | Mai . . . . . | 11 | 6 | 86 | 50 | - 53 | 83. |
| | Juin. . . . . | 10 | - 5.8 | 98 | 12 | - 81 | 58 |
| | Juillet-août . . . . . | 12 | 8 | 85 | - 47 | - 97 | 58 |
| | Septembre. . . . . | 11 | - 6.6 | 7 | - 91. | - 74 | - 66 |
| | Octobre-novembre . . | 3 | - 5 | - 54. | - 63 | - 21 | - 94 |
| 1844 | Mars. . . . . | 4 | 0.1 | - 5 | 100 | 96 | 26. |
| | Avril. . . . . | 6 | 20 | 97 | 32 | 82 | 57 |
| | Mai . . . . . | 7 | 10.3 | 72 | 69 | 56. | 82 |

d'où (2) par

$$n + sx + cy + \varkappa\xi - \sigma\eta = 0,$$

les équations normales :

$$\begin{array}{rrrrl} 1345\,x + 3290\,y - 5890\,\xi - 1980\,\eta & + 143.8 = 0 \\ 10003 - \quad 3 - 8018 & + 275.7 \\ 8345 + 91.5 & - 360.9 \\ - 8593 & + 558.0, \end{array}$$

qui donnent

$$x = -0.203, \quad y = -0.165, \quad \xi = 0.219, \quad \eta = -0.1815.$$

Des valeurs

$$\gamma'' \sin(\beta_0' - \alpha) = 0.1815, \quad \gamma'' \cos(\beta_0' - \alpha) = 0.219,$$

on déduit

$$\beta_0' - \alpha = 39°30', 11 \text{ avril } 1843,$$

et, après multiplication par 15 cot $\delta$ :

$$\gamma'' = 0''.117.$$

Cette valeur est à peu près quadruple de la précédente; mais une quantité aussi faible est fort difficile à déterminer exactement, et les observations de Lindhagen sont bien loin d'égaler en précision celles de Peters.

La comparaison des valeurs de $\beta'_0 - \alpha$ au 11 avril et au 10 juillet montre que l'angle $\beta'$ décroît avec le temps, comme le veut la théorie.

### *c.* — Constante de l'aberration et parallaxe de la polaire.

6. En désignant par $k$ et $\varpi$ les corrections des valeurs attribuées par Peters à la constante de l'aberration et à la parallaxe de la polaire, nous aurons, par les observations de cet astronome, en laissant de côté les termes multipliés par $\cos\delta$ :

$$k\cos\alpha + \varpi\sin\alpha = \frac{x}{2\sin\delta} = -\frac{0.131}{2\sin\delta},$$

$$k\sin\alpha - \varpi\cos\alpha = \frac{-y}{2\cos\theta\sin\delta} = \frac{0.075}{2\cos\theta\sin\delta},$$

d'où l'on tire

$$k = -0''.064, \varpi = -0''.057.$$

Ces valeurs ajoutées à

| | |
|---|---|
| 20.503 | 0.067 (Peters) |

donnent

| | | | |
|---|---|---|---|
| *const. aberr.* | 20.449 | *parall.* | 0.010. |

Cette valeur de la constante de l'aberration se rapproche fort de celle que nous avons déduite des observations de Struve, 20.457. La moyenne de ces deux valeurs est 20.453. Nous en regardons les deux premières décimales comme absolument certaines, quoiqu'une valeur plus considérable ait prévalu, et soit même encore tenue pour trop faible par plusieurs astronomes très distingués.

Quant à la parallaxe de la polaire, 0″,01, nul astronome ne niera que cette valeur ne soit beaucoup plus plausible que la plupart de celles qu'ont trouvées un grand nombre d'astronomes.

### *B.* — Existence des nutations eulérienne, chandlérienne et annuelle en ascension droite.

7. Les astronomes sont unanimes à nier, avec Oppolzer, la présence du terme eulérien (et par suite des termes chandlérien et annuels) dans l'expression de l'ascension droite, parce que celle-ci est, pour eux, rapportée au pôle instantané.

J'ai démontré que leurs formules sont incorrectes; qu'il faut en revenir aux axes principaux, relativement auxquels les formules sont absolument correctes, et qu'alors le mouvement diurne du pôle géographique autour du pôle instantané, joint à ses mouvements propres (eulérien, chandlérien, annuel), donne naissance à trois termes de caractère diurne, et dont les périodes sont respectivement (abstraction faite de ce caractère) 304, 431 et 365 jours.

A raison de leur caractère diurne, ces trois termes sont égaux et de signes contraires, soit en ascension droite,

soit en déclinaison, pour deux passages *s.* et *i.* consécutifs.

La différence des ascensions droites *s.* et *i.* doit donc en révéler l'existence, et nous allons montrer, par deux séries différentes, qu'il en est bien ainsi, quoiqu'en pensent les astronomes.

La comparaison de ces deux séries entre elles nous fournira le moyen de déterminer, avec une grande précision, la durée des périodes eulérienne et chandlérienne.

Les nutations eulérienne et diurne s'expriment en ascension droite, dans le méridien, par

$$\text{pas. sup. } \cot\delta\,\Delta\alpha_s = \gamma \sin(\beta_1 + \beta t) + \gamma' \sin(\beta'_1 + \beta' t),$$
$$\text{pas. inf. } \cot\delta\,\Delta\alpha_i = -\gamma \sin(\beta_1 + \beta t) + \gamma' \sin(\beta'_1 + \beta' t),$$

d'où

$$\cot\delta\,(\Delta\alpha_s - \Delta\alpha_i) = 2\left\{\gamma \sin(\beta_1 + \beta t) + \gamma' \sin(\beta'_1 + \beta' t)\right\}$$
$$= \sigma\eta + \varkappa\xi + \sigma'\eta' + \varkappa'\xi',$$

$\sigma$, $\varkappa$, $\sigma'$, $\varkappa'$ désignant les sin et cos respectifs de $\beta t$ (Euler) et $\beta' t$ (Chandler);
$\xi$, $\eta$, $\xi'$, $\eta'$ les produits de $2\gamma$ et de $2\gamma'$ par les sin et cos de $\beta_1$ et $\beta'_1$.

Au second membre, nous avons à ajouter $sx + cy$, $s$ et $c$ désignant les sin et cos de ⊙, pour tenir compte des deux termes solaires qui existent pour l'écorce terrestre : l'un provenant du déplacement hivernal du pôle d'inertie, l'autre de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau (*).

---

(*) Voir, sur ce sujet, *Quelques grandes phases dans l'histoire de l'astronomie*. Bruxelles, 1898.

L'équation à employer sera donc

$$sx + cy + \sigma\xi + \varkappa\eta + \sigma'\xi' + \varkappa'\eta' + n = 0,$$

et, comme $n$ représente

$$\Lambda\alpha_s - \Lambda\alpha_l = 2\Lambda\alpha_s,$$

toutes nos inconnues seront à diviser par 2 pour obtenir les coefficients $g$, $\gamma$ et $\gamma'$ des termes annuel, eulérien et chandlérien.

### *a.* — Série de Lindhagen.

8. La série de Lindhagen nous a fourni le tableau suivant :

| | | | $p$ | $n$ | $s$ | $c$ | $\sigma$ | $\varkappa$ | $\sigma'$ | $\varkappa'$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1842 | Mars. . . . | 20 | 6 | 75 | - 1 | 100 | -98. | -15 | 60 | 80 |
| | Avril . . . | 12 | 10 | 0.2 | 39 | 91. | -93 | 33. | 84 | 53 |
| | Mai . . . . | 19 | 18 | - 4 | 87 | 53 | -37. | 85. | 99 | 5. |
| | Juin-juillet . | | 17 | -10.4 | 97 | 9 | 19 | 95 | 89 | - 34. |
| | Août. . . . | 8 | 19 | 2.4 | 65. | -71 | 94. | 30. | 38 | - 92 |
| | Septembre . | 18 | 7 | 6 | 9. | -99. | 90 | -44. | 15 | - 99 |
| | Octobre . . | 15 | 10 | 50 | 36 | -98. | 52 | -85 | - 52 | - 86 |
| 1843 | Février. . . | 12 | 3 | -11 | -59. | 80 | 92 | 35 | - 73 | 66 |
| | Mars . . . | 15 | 8 | -61 | - 2 | 99. | -47. | 89 | - 32 | 94 |
| | Avril . . . | 18 | 20 | -26.7 | 54 | 83 | 24. | 95 | 17. | 98 |
| | Mai . . . . | 24 | 9 | -43 | 89 | 45 | 78. | 62 | 59 | 81 |
| | Juin. . . . | 15 | 9 | -39.8 | 98. | 11 | 95 | 24 | 79 | 75 |
| | Juillet . . . | 10 | 8 | 8 | 95. | -30 | 96 | -28 | 96. | 25 |
| | Août. . . . | 9 | 4 | 21 | 68. | -72. | 62 | -79 | 98 | - 18 |
| | Septembre . | 15 | 12 | 57. | 13 | -98 | -13 | 99 | 74. | - 67 |
| | Octobre . . | 19 | 2 | 106. | -42 | -88 | -65. | -73 | 39. | - 89 |
| | Novembre. . | 18 | 1 | 68 | -83. | -55 | -99 | -14. | 7 | -100 |
| 1844 | Mars . . . | 15 | 4 | -15 | - 4 | 99. | 37 | 92 | -100 | - 3 |
| | Avril . . . | 10 | 6 | -25 | -38 | 92 | 75 | 63 | - 94. | 32 |
| | Mai . . . . | 6 | 7 | -37 | -72 | 69. | 97. | 19 | - 87 | 63 |

Le point après un nombre signifie 0.5.

L'origine du temps est le 11 avril 1845, date moyenne entre les deux extrêmes.

A cette série d'observations nous avons appliqué l'équation

$$sx + cy + \sigma\xi + z\eta + \sigma'\xi' + z'\eta' + n = 0,$$

dans laquelle

$$\xi = k \cos \beta_1, \qquad \eta = k \sin \beta_1,$$
$$\xi' = k \cos \beta'_1, \qquad \eta' = k \sin \beta'_1$$

La résolution par les moindres carrés nous a conduit aux équations normales

$$\begin{array}{rrrrrrrl}
9087x & +1319y & +4034\xi & +4484\eta & +5579\xi' & +2861\eta' & -566.5 & =0 \\
 & 8649 & -2529 & +6265 & -420 & +7360 & -1683 & \\
 & & 8412 & -559 & -287 & +20 & -1248 & \\
 & & & 9282 & +2556 & +4021 & -3164.5 & \\
 & & & & 9043 & +545 & +531 & \\
 & & & & & 8599 & -2059.5, &
\end{array}$$

d'où l'on déduit :

$$x = -0.627, \qquad y = -3.205$$
$$\xi = -0.358, \qquad \eta = 2.117$$
$$\xi' = -0.34, \qquad \eta' = 2.26.$$

Ces valeurs témoignent de l'existence des trois termes qui figurent, à cause de leur caractère diurne, dans la différence de deux ascensions droites consécutives *s.* et *i.*, et de l'incorrection des formules usuelles en ascension droite, qui ne tiennent nul compte de ces termes.

Quant à leur importance, on voit qu'ils se rangent dans l'ordre suivant :

1° Terme annuel ;

2° Terme chandlérien ;

3° Terme eulérien.

Nous en avons déduit :

$$\beta_1 = 279°36', \quad \beta'_1 = 278°33', \qquad 11 \text{ avril } 1843$$
$$\gamma = 0''.43, \qquad \gamma' = 0''.46.$$

*b.* — **Série de Struve.**

9. Ces dernières valeurs sont certainement beaucoup trop considérables, comme le sont, du reste, les différences entre deux ascensions droites consécutives de Lindhagen.

Aussi avons-nous voulu chercher une confirmation de notre critérium pratique dans les différences des ascensions droites de la polaire observées par F.-W. Struve à Dorpat, qui sont beaucoup plus précises, comme en témoigne le tableau ci-dessous :

| | | $p$ | $\sigma$ | $x$ | $\sigma'$ | $x'$ | $s$ | $c$ | $n$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1823 | Mars . . . . | 3 | 71. | - 70 | - 79 | 61. | 9. | 99. | 1.7 |
| | Avril . . . . | 1 | 47 | - 88. | - 64 | 77 | 34. | 94 | - 63 |
| | Mai . . . . | 2 | - 4 | -100 | - 32 | 95 | 70. | 71 | 1.5 |
| | — . . . . | 6 | - 30 | - 96 | - 13 | 99 | 84. | 53 | 7.0 |
| | Juin . . . . | 6 | - 54 | - 83. | 5. | 100 | 93. | 35 | 10.7 |
| | Septembre . . | 3 | - 46 | 89 | 100 | 4 | 22. | - 97. | 0.3 |
| | Octobre . . . | 7 | 15. | 98. | 92 | - 39 | - 29 | - 95. | - 3.0 |
| | — . . . | 2 | 49. | 87 | 79 | - 61 | - 56 | - 83 | - 1.0 |
| | Novembre . . | 2 | 73 | 68 | 64. | - 76. | - 75 | - 65 | 8.0 |
| | — . . | 1 | 90 | 44 | 47. | - 88. | - 89 | - 44. | 9.0 |
| | Décembre . . | 2 | 99 | 18 | 30 | - 95. | - 97 | - 24 | - 4.5 |

| | | $p$ | $\sigma$ | $x$ | $\sigma'$ | $x'$ | $s$ | $c$ | $n$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1824 | Mars . . . . | 3 | - 48 | - 87. | - 96 | - 28 | 13 | 69 | - 16.0 |
| | Avril . . . . | 2 | - 69 | - 72 | - 99. | - 10 | 33 | 93 | - 8.0 |
| | — . . . . | 3 | - 87. | - 48. | - 99. | 10. | 51 | 86 | 21.0 |
| | Mai . . . . | 2 | - 94 | - 33 | - 97 | 22. | 66. | 74. | 12.0 |
| | — . . . . | 6 | - 99. | 8 | - 87 | 49. | 87 | 48. | - 3.5 |
| | — . . . . | 3 | - 96 | 22. | - 80 | 56. | 93 | 36 | - 8.3 |
| | Juin . . . . | 4 | - 89 | 45. | - 69. | 71. | 98 | 18. | - 13.2. |
| | — . . . . | 5 | - 78 | 65 | - 57 | 82 | 100 | - 0. | 2.0 |
| | Septembre . . | 4 | 88. | 47 | 69 | 72 | - 1. | -100 | 9.5 |
| | Octobre . . . | 4 | 98 | 3 | 88 | 46. | - 37. | - 91. | 10.2. |
| | Décembre . . | 2 | 38 | - 91 | 93 | - 35 | - 98 | - 15 | 11.5 |
| 1825 | Février . . . | 1 | - 89 | - 46 | 16 | - 99. | - 42 | - 90. | 20.0 |
| | Mars . . . . | 6 | -100 | - 3 | - 15 | - 98. | - 7 | 100 | 6.7 |
| | Avril . . . . | 2 | - 93 | 36 | - 41 | - 90. | 26 | 96 | 11.0 |
| | Mai . . . . | 3 | - 51 | 86 | - 78. | - 62 | 72. | 69 | - 17.0 |
| | — . . . . | 4 | - 31 | 95 | - 87 | - 49 | 83 | 55. | - 4.5 |
| | Juin . . . . | 5 | 0 | 100 | - 96 | - 28. | 91. | 32 | - 8.8 |
| | Octobre . . . | 3 | 55 | - 83 | - 6. | 100 | - 18. | - 98. | 0.3 |
| | — . . . | 2 | 20 | - 97. | 20. | 98 | - 48. | - 87. | - 3.0 |
| | Novembre . . | 1 | 8 | - 99. | 28. | 96 | - 70. | - 70. | - 6.0 |
| | Décembre . . | 3 | - 69. | - 71. | 78 | 63 | - 97 | - 23. | 19.3 |

Nous avons exclu l'observation d'avril 1823 comme manifestement erronée, et avons trouvé les équations normales

$$\begin{array}{rrrrrrrrl}
417\xi + & 93\eta + & 14\xi' + & 8.7\eta' - & 3.3x - & 168\,y + & 58.4 & = 0 \\
 & 335 + & 64 - & 211 - & 13.2 - & 65.3 - & 6.5 & \\
 & & 401 - & 231 - & 339 - & 337 - & 13.7 & \\
 & & & 422 + & 200 + & 175 + & 27.5 & \\
 & & & & 396.5 + & 282 + & 27.1 & \\
 & & & & & 409 - & 15.15, &
\end{array}$$

d'où

$$x = -0.25, \quad y = 0.018; \quad \xi = -0.105, \quad \eta = 0.096;$$
$$\xi' = -0.187, \quad \eta' = -0.0125.$$

On observera que ces valeurs, très notablement inférieures, du reste, à celles tirées des observations de Lindhagen, manifestent cependant le même ordre quant à l'importance relative des trois termes (annuel, chandlérien, eulérien).

Nous en avons déduit :

$$\beta_1 = 137°34', \quad \beta'_1 = 183°49'.5 \quad \text{2 août 1824.}$$
$$\gamma = 0''.0286, \quad \gamma'' = 0''.0376.$$

Ces dernières valeurs sont, croyons-nous, trop faibles.

Il est permis cependant d'augurer de l'identité de marche des trois termes, quant à leur importance, dans les observations de Lindhagen et de Struve, que les valeurs relatives des inconnues sont assez bien déterminées, et que, par conséquent, les angles $\beta$ sont affectés d'erreurs peu considérables.

10. Or, entre les deux origines, il s'est écoulé 6826 jours qui comprennent vingt-deux périodes eulériennes et quinze périodes chandlériennes entières.

En ajoutant donc $22 \times 360°$ (ou $15 \times 360°$) aux différences 142° (ou 95°) en nombres ronds, trouvées entre les $\beta$ (ou $\beta'$), en 1843 et 1824, on aura respectivement 8062° (ou 5495°), d'où pour la période 304.8 jours (ou 447.2 jours).

On remarquera d'abord combien la période eulérienne est exactement déterminée par ces deux séries d'observations en ascension droite ; ensuite, que le nombre de jours trouvé pour la période chandlérienne coïncide à peu près exactement avec celui que nous déduirons ci-dessous (12) de la comparaison des valeurs de $\beta'$ fournies par la série des observations de Struve en ascension droite et de Peters en déclinaison.

Est-ce pure coïncidence? L'exactitude du nombre trouvé pour la période eulérienne permet d'en douter.

Ce qu'on peut affirmer, c'est que cette dernière existe; et puisque Chandler, dans ses recherches, a omis d'en tenir compte, celles-ci sont à reprendre en réparant cette omission.

Peut-être de nouvelles recherches, entreprises dans cette voie, conduiront-elles à une période un peu différente de 431 jours pour le terme chandlérien.

Il est possible que nous nous en occupions ultérieurement.

### C. — Concordance des explications, par les nutations a caractère diurne, des variations en ascension droite et des variations de latitude.

Quoique nos formules en déclinaison soient identiques à celles que les astronomes emploient dans la variation des latitudes, il ne sera pas inutile de montrer que notre explication de ces variations est en parfaite harmonie avec celle que nous avons donnée des différences systématiques entre une ascension droite supérieure et l'ascension droite inférieure consécutive.

En groupant les moyennes des latitudes *s.* et *i.* de Peters, nous en avons déduit, par le procédé de T. Mayer :

$$x = -0''.29, \quad y = 0.025, \quad \xi = 0.097, \quad \eta = 0.15,$$
$$\xi' = 0.06, \quad \eta' = 0\,015.$$

Ici encore, on voit prédominer la variation annuelle; mais la nutation eulérienne semble l'emporter notablement sur la chandlérienne.

Dans le but de contrôler ce résultat assez surprenant, nous avons fait la somme des observations à 1 $^1/_2$ d'intervalle, ce qui élimine le terme annuel; la résolution des équations de condition, assez peu nombreuses, du reste, nous a conduit à un coefficient trois à quatre fois plus fort pour la nutation eulérienne que pour la chandlérienne.

Le calcul des observations de Peters devra être repris par les moindres carrés. Nous avons voulu toutefois essayer de déterminer la durée des deux périodes eulérienne et chandlérienne au moyen de la comparaison des valeurs de $\beta'_1$, et $\beta_1$, égales respectivement à 31° 33'.5 et 88° 34' (10 juillet 1843), déduites de

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\xi}{\eta}, \qquad \operatorname{tg} \beta'_1 = \frac{\xi'}{\eta'},$$

avec celles que nous ont données ci-dessus les observations de Struve en ascension droite :

$$\beta_1 = 137°34', \qquad \beta'_1 = 183°49'.5 \qquad \text{(2 août 1824)}.$$

En ajoutant, comme précédemment, aux différences - 105° et - 95°,26, les vingt-deux ou les quinze périodes entières eulériennes ou chandlériennes 7920° et 5400°, on obtient 7816° et 5304°,74 en 6916 jours, ce qui donne 318.2 et 460.4 jours pour chacune des deux périodes respectivement. Ces deux nombres sont certainement trop grands; le premier devrait être réduit du vingt-cinquième de sa valeur environ.

Si l'on réduit le second dans la même proportion, on trouvera 442 jours, nombre très concordant avec celui

que nous avons tiré de la comparaison des observations de Struve et de Lindhagen en ascension droite.

Au sujet de cette période, j'ajouterai que j'ai découvert, dans le diagramme des latitudes de Poulkova tracé par M. A. Ivanof, une période bien caractérisée de deux ans et demi, comme MM. Thackeray et Turner en avaient soupçonné une de cinq ans dans celles de Greenwich. Or, $2\,{}^1/_2$ ans $= 914 = 3 \times 304.7 = 2 \times 457$ jours.

Pour la période eulérienne, nous avons trouvé 304.8 jours; pour la chandlérienne 447 et 442 jours. Ces derniers nombres se rapprochent plus du précédent que de 431.

Je ferai observer, au surplus, que de ce diagramme, dont les abscisses croissent de 0.05 an $=$ 18 jours, il serait bien difficile de déduire une période à moins de dix jours près.

Le nombre 457, trouvé d'après le diagramme, pourrait donc se réduire à 447, mais pas, probablement, à 431.

Du reste, il n'est pas possible que la période chandlérienne ait pu être déterminée exactement, puisqu'il n'a jamais été tenu compte, dans les recherches qui y ont été consacrées, de la nutation eulérienne, dont nous avons démontré théoriquement et pratiquement l'existence.

## Résumé.

*A*. Nous avons prouvé l'existence du terme nouveau de nutation générale, rétrograde, à période chandlérienne et à constantes arbitraires, que nous a donné l'intégration des équations du mouvement de rotation de l'écorce terrestre :

1° Par les latitudes de Peters;

2° Par les ascensions droites de Lindhagen.

La comparaison de ces deux séries nous a fait voir que ce terme est bien rétrograde.

Son coefficient n'est probablement que de 0".04.

*B*. Nous avons montré, dans les observations de Lindhagen et dans celles de Struve, la marche systématique des différences entre deux ascensions droites consécutives *s*. et *i*., différences niées par tous les astronomes, et établi qu'elles proviennent de trois termes à caractère diurne de la nutation du pôle géographique, l'annuel, l'eulérien et le chandlérien.

La comparaison des deux séries nous a donné :

Pour la période eulérienne 304.8 jours ;

Pour la période chandlérienne 447 jours, nombre qui se rapproche bien plus que celui de Chandler, du nombre 457 déduit de la période de deux ans et demi manifestée dans les latitudes de Poulkova.

La comparaison des observations de Struve en ascension droite avec celles de Peters en déclinaison nous a conduit également à un nombre très voisin du précédent pour la période de Chandler.

En calculant (*A*) la parallaxe de la polaire et la constante de l'aberration par nos formules, nous avons trouvé : *parallaxe* 0".010, *constante de l'aberration* 20.449.

La moyenne entre cette valeur et celle que nous avons déduite des observations de Struve, 20.457 (au lieu de 20.445), donne 20.453, qui est bien probablement exacte à un couple de millièmes près.

Il n'est pas douteux que si nous avions eu le loisir de corriger toutes les observations de la nutation diurne, dont les constantes sont bien connues, et d'introduire la correction des coefficients des termes solaires se rappor-

tant à l'écorce du globe, nous serions arrivé à une concordance plus considérable encore.

Celle que nous avons obtenue suffira toutefois, espérons-le, pour prouver aux astronomes la nécessité de faire usage de nos formules relatives à l'écorce terrestre.

Et les valeurs que nous avons trouvées pour les périodes eulérienne et chandlérienne, en appliquant nos formules aux différences entre les ascensions droites *s.* et *i.* de Lindhagen et de Struve, entre ces dernières et les observations de Peters en déclinaison, finiront peut-être par convaincre les astronomes qui n'ont pas suivi nos démonstrations mathématiques de l'incorrection radicale des formules d'Oppolzer, d'après lesquelles ces différences seraient nulles, qu'ils doivent en revenir aux seules formules correctes, rapportées aux axes principaux, et exposées exclusivement par tous les géomètres qui ont traité la question du mouvement de rotation de la Terre.

---

*A propos du nitrile anisique;* par Louis Henry, membre de l'Académie.

J'ai fait connaître ici même, en 1869 (*), le *nitrile anisique* $p(CH_3O)\,C_6H_4 - CN$.

C'est un corps d'un aspect extérieur remarquable que l'on peut obtenir par évaporation spontanée de sa solution dans l'éther, en gros cristaux allongés qui paraissent être des prismes rectangulaires obliques. Je lui ai assigné

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* t. XXVIII (2), p. 552.

56°-57° pour point de fusion et 253°-254° pour point d'ébullition sous la pression ordinaire (*).

Ce nitrile résulte d'une manière fort nette de l'action du pentachlorure de phosphore $PCl_5$ sur l'*amide anisique* $(CH_3O)C_6H_4 - CO(NH_2)$. C'est un des corps dont la formation, dans ces conditions, m'a servi pour démontrer l'inertie de $PCl_5$ sur les groupements oxy-alcooliques, $-O-CH_3$, $-O-C_2H_5$, etc., alors que le groupement équivalent $-OH$, *hydroxyle*, en est si vivement attaqué. Dans ces mêmes conditions, les *amides oxy-benzoïques* $(HO)C_6H_4 - CO(NH_2)$ sont transformées dans les *nitriles benzoïques monochlorés* correspondants $Cl\ C_6H_4 - CN$, *m*, *o* et *p*.

Depuis 1869, le nitrile anisique a été obtenu dans d'autres circonstances par divers chimistes (**).

Mon attention a été rappelée sur ce composé, déjà bien ancien comme on le voit, par un article de deux chimistes hollandais, MM. Reinders et Ringer, paru récem-

---

(*) Ces chiffres ont été vérifiés récemment à l'aide de l'échantillon ancien du nitrile anisique conservé dans ma collection. On a trouvé pour point de fusion, en tube étroit, 60°, et pour point d'ébullition 256°-257° fixe sous la pression de 765 millimètres. La distillation a été faite dans une petite cornue tubulée. Le thermomètre employé était un thermomètre court, de Müller de Bonn, dont la graduation commence à + 80°. La plus grande partie de la colonne mercurielle était dans la vapeur.

(**) *a*) En 1889, par J.-A. Miller, *Réaction du chorure d'acétyle sur l'anisaldoxime* (Berichte, etc., t. XXII, p. 2791);

*b*) En 1894, par P. Rehlander, *Distillation de l'acide anisique avec le sulfocyanure de plomb* (Id., t. XXVII, p. 2159).

ment dans le *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique* (*).

Ces auteurs se sont proposés de déterminer l'influence qu'exerce sur les aptitudes réactionnelles du groupement $-NO_2$, dans le noyau benzénique, le voisinage du groupement $-CN$. Ils ont constaté que cette influence est la même que celle qu'exerce le groupement $NO_2$ lui-même.

En fait, ils ont fait réagir le *paranitro-benzonitrile* $p(NO_2)\,C_6H_4 - CN$ sur le *méthylate* et l'*éthylate de sodium*. Il se forme dans ces conditions du nitrile sodique $NaNO_2$ et le groupement nitrile $-NO_2$ est remplacé par les groupements *oxy-méthyle* $-O-CH_3$ et *oxy-éthyle* $-O-C_2H_5$.

Le résultat de l'opération est la formation des nitriles *para-oxy-méthyle* $(CH_3O)\,C_6H_4 - CN$ et *para-oxy-éthyl-benzoïque* $(C_2H_5O)\,C_6H_4 - CN$, composés que MM. Reinders et Ringer considèrent comme inconnus auparavant.

Il est évident que leur érudition est en défaut; le *nitrile para-oxy-méthyl-benzoïque* n'est autre chose que le *nitrile anisique* que j'ai fait connaître en 1869 (**).

---

(*) N° 5, t. XVIII, p. 327.

(**) Le dérivé correspondant oxy-éthylique $p(C_2H_5O)C_6H_4 - CH$ a été mis au jour en 1890. PINNER, *Berichte*, etc., t. XXIII, p. 2953.

MM. Reinders et Ringer attribuent comme point de fusion au *nitrile anisique* qu'ils ont obtenu 59°, chiffre qui concorde bien avec celui que je lui ai assigné plus haut et celui qu'indique M. Miller : 61°-62°. Selon eux, ce corps bout à 240°,1, sous la pression de 760 millimètres. Ce chiffre est évidemment erroné; peut-être y a-t-il erreur d'impression. Le dérivé *ortho*, correspondant au nitrile anisique, dérivé *para*, obtenu par M. Ringer — même recueil, page 330 — dans les mêmes

Je n'en trouve pas moins fort intéressante la réaction de MM. Reinders et Ringer, avec d'autant plus de raison que je suis depuis longtemps occupé à démontrer et à déterminer, par les faits, l'influence réciproque qu'exercent, sur leurs aptitudes réactionnelles, les radicaux des groupements fonctionnels fixés sur le carbone, dans les composés carbonés.

Je ferai à cette occasion quelques remarques qui ne me paraissent pas inutiles.

Dans la position *para*, les radicaux substitués à H dans le noyau benzénique $C_6$, occupant les positions respectives 1 et 4, sont séparés au maximum l'un de l'autre, en fait, par deux atomes de carbone distincts. Or on voit ici, une fois de plus, une influence modificatrice, au point de vue chimique, s'exercer à cette distance relativement si considérable dans la molécule. Il paraît n'en être pas ainsi dans le groupe aliphatique. Là cette influence ne s'exerce que dans un noyau plus restreint; le système XC - C - C - CX′ s'y montre en effet

---

conditions que celui-ci, bout, selon cet auteur, à 260°. Or les dérivés *para*, analogues à ces dérivés nitrilés, ont, en général, un point d'ébullition plus élevé que les dérivés *ortho*.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $CH_3 - C_6H_4 - CN$ | *o.* | — Éb. | 203° |
| | *m.* | — | 213° |
| | *p.* | — | 218° |
| $CH_3 - C_6H_4 - CO\ (O\ C_2H_3)$ | *o.* | — | 219° |
| | *m.* | — | 224° - 226° |
| | *p.* | — | 228° |
| $(CH_3O)\ C_6H_4 - CO\ (OCH_3)$ | *o.* | — | 228° |
| | *m.* | — | 236° - 238° |
| | *p.* | — | 255° |

dans la plupart des cas équivalent à deux molécules carbonées distinctes XC - et X'C. Je ne veux en ce moment que constater, d'une manière générale, cette différence, me réservant d'y revenir dans une communication spéciale. Cette question me paraît, en effet, assez intéressante et assez importante pour être traitée spécialement et d'une manière approfondie.

Dans le *nitrile anisique*, $(CH_3O)C_6H_4$ - CN, les radicaux $CH_3O$ - et CN occupent les positions 1 et 4 ; il en résulte que le nitrile peut être représenté par deux variétés équivalentes, distinctes eu égard à la notation de la benzine, à savoir :

α) -O-$CH_3$, 1 ; -CN, 4
β) -O-$CH_3$, 4 ; -CN, 1.

Le nitrile de MM. Reinders et Ringer peut être noté comme β, tandis que celui que j'ai préparé, s'il avait eu pour point de départ l'acide anisique synthétique, provenant du phénol $C_6H_5$ - OH, pourrait être noté comme α. Il serait intéressant de faire un examen comparatif minutieux des nitriles anisiques obtenus dans ces différentes circonstances. Je n'ai nul doute que ce composé ne se montre toujours identique à lui-même, quelle que soit son origine. Il résulterait de cette identité une preuve de plus de l'identité fonctionnelle des atomes d'hydrogène 1 et 4 dans la benzine $C_6H_6$.

Le *chlorure d'anisyle* $(CH_3O)C_6H_4$ - COCl, qui m'a servi à faire l'amide anisique, est un composé dont la destinée est assez étrange. Je ne crois pas inutile de m'y arrêter un instant.

C'est en 1848 que Cahours le fit connaître dans son mémoire classique *Sur l'emploi du pentachlorure de phosphore*

*en chimie organique* (*). Il résulte de l'action de $PCl_5$ sur l'acide anisique. Cahours le décrit comme un liquide bouillant à 262°. A partir de ce moment, on trouve ce composé signalé, sous cette forme, dans les traités de chimie.

En 1875, M. W. Lossen revint sur cette réaction (**) dans une note de son mémoire *Sur l'hydroxylamine*. Elle paraît ne pas lui avoir donné de bons résultats. Toutefois, il fait connaître que le *chlorure d'anisyle* est un corps solide, aisément fusible.

Le travail de M. Lossen semble avoir fait oublier à certains auteurs celui de Cahours. En fait, dans la première, la deuxième et la troisième édition du grand *Traité de chimie organique* de Beilstein, le *chlorure d'anisyle* est signalé, en deux lignes, comme un corps solide cristallisable, non distillable sans décomposition.

J'ajouterai enfin que le *chlorure d'anisyle* est renseigné parmi les produits qui figurent dans les catalogues de la maison Kahlbaum.

Dans ces conditions, j'ai cru utile de faire réexaminer ce composé par mon assistant, M. De Wael. J'avais en ce moment perdu de vue le travail de M. Schoonjans (***), où il est question de ce produit, travail qui m'a été rappelé par le nouveau *Richter Lexikon der Kohlenstoff-Verbindungen*, page 549. On verra que mes indications concordent avec celles de cet auteur.

La préparation du *chlorure d'anisyle* par l'action de $PCl_5$ sur l'acide anisique est très aisée et le rendement est

---

(*) *Annales de chimie et de physique* (3), t. XXIII, p. 351.

(**) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXV, p. 284.

(***) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3me sér., t. XXXIII, p. 811 (année 1897).

presque intégral. Il suffit de chauffer légèrement le mélange solide des deux corps pour déterminer la réaction. Le tout devient liquide. On chasse $POCl_3$ par une distillation sous la pression ordinaire. On achève la distillation, alors qu'elle fournit le chlorure d'anisyle, sous pression raréfiée. Le produit passe parfaitement incolore et se congèle par le refroidissement. Dans ces conditions, il n'y a aucune carbonisation.

Le *chlorure d'anisyle* est un liquide parfaitement incolore, peu odorant, fumant à peine à l'air. Il bout fixe, sous la pression de 760 millimètres, à 265°, toute la colonne mercurielle dans la vapeur.

Cahours note 262°, sans indication de pression. Sous la pression de 70 millimètres, il bout à 178°-180° (*).

Il cristallise en longues aiguilles ou en petits mamelons. J'ai constaté qu'il fond à 24°,2. M. Schoonjans indique 22°. Il subit aisément la surfusion.

Sa densité à 30° est égale à 1,260. Cahours indique 1,261 à 15°.

Dans l'échantillon distillé, on a trouvé 20.42 % de chlore. La formule $(CH_3O)C_6H_4 - COCl$ en demande 20.84.

L'échantillon de ce corps que m'a fourni la maison Kahlbaum s'est montré parfaitement identique à celui qui avait été préparé à nouveau dans mon laboratoire.

Il y a donc à revenir, en grande partie, sauf pour les compléter, aux indications anciennes de Cahours.

Louvain, 8 octobre 1899. Institut de chimie générale.

---

(*) Selon M. Schoonjans, à 145° sous 14 millimètres; à 152°-153° sous 24 millimètres; à 160°-164° sous 35 millimètres.

*Les tourbillons et les projections de l'éther* (reproduction de figures de Savart); par P. De Heen, membre de l'Académie.

L'étude des phénomènes électriques paraît devoir se ramener de plus en plus à l'analyse des mouvements de l'éther. Celle-ci peut s'aborder soit par l'application du calcul, soit par la comparaison expérimentale des phénomènes que présente l'éther avec ceux que présente un fluide tangible en mouvement. C'est à cette méthode que nous nous adresserons.

Si donc l'éther est un milieu dans lequel peuvent se reproduire tous les mouvements que nous constatons dans les fluides directement observables, nous devons, avec beaucoup de probabilités, nous attendre à les retrouver réellement dans ce milieu transcendant. La difficulté consiste à trouver un mode de perception, un réactif qui permette d'en démontrer l'existence.

Les seuls mouvements dont on se soit préoccupé jusqu'à présent, sont les mouvements vibratoires de l'éther, mis pour la première fois en évidence par Fresnel et en dernier lieu par Maxwell, dans sa théorie électro-magnétique de la lumière ; ensuite les mouvements tourbillonnants de M. Ch.-V. Zenger (1), qui paraissent devoir nous

(1) *Le système du monde électro-dynamique.* Georges Carré, éditeur. Paris, 1893.

donner la clef des phénomènes électriques, mais qui, contrairement à l'opinion de l'auteur, ne me semblent pas en contradiction avec les conclusions de Maxwell et de Hertz.

Nous avions pensé antérieurement que les attractions ou répulsions électriques pourraient s'interpréter en comparant une surface électrisée à un corps pulsant. Mais cette hypothèse ne permet pas d'expliquer la différence des deux électricités ni la différence qui existe entre les actions électro-statiques et électro-dynamiques.

Dans le présent travail, nous nous proposons de montrer l'existence d'un troisième mouvement de l'éther, le plus simple de tous, le mouvement de translation.

Le souffle de l'éther existe comme le souffle de l'air. Tout corps chaud, ou plus généralement tout foyer d'ébranlement de l'éther, émet, projette de l'éther. Cette pensée, qui appartient à Newton, est bien l'expression de la réalité, mais ce mouvement, au lieu de produire les phénomènes lumineux et calorifiques, détermine les phénomènes que nous avons désignés d'une manière générale et peut-être improprement, eu égard à l'état de nos connaissances d'alors, sous le nom d'infra-électriques.

### § 1. — *Des divers foyers de projection de l'éther.*

Tout corps chaud émet de l'éther et en émet d'autant plus que sa température est plus élevée; d'autre part, lorsque cet éther rencontre de la matière dans un état de rareté suffisant, il entraîne celle-ci avec lui dans son

mouvement. Lorsque les gaz ont atteint cet état de rareté, on dit qu'on a réalisé l'état radiant de Crookes.

L'explication du radiomètre est une conséquence naturelle de cette manière de voir. En effet, la face de la palette recouverte de noir de fumée étant à une température plus élevée que l'autre face, émet une plus grande quantité d'éther. Celui-ci, entraînant avec lui la matière ambiante, détermine une réaction qui provoque le mouvement rotatoire.

Ainsi que nous le verrons plus loin, l'étincelle électrique, ainsi que l'aigrette, déterminent des projections d'éther considérables. Mais l'appareil le plus remarquable au point de vue de la prodigieuse intensité de ces projections, est le tube de Crookes, qui devait donner naissance à la découverte de Röntgen.

Il est facile de se rendre compte par une comparaison du mode de fonctionnement de ce tube.

Considérons une enveloppe en toile métallique E (fig. 1) munie de deux tubes adducteurs *t* et *t'*, dirigés en sens inverse.

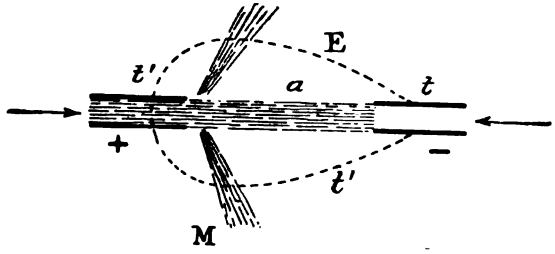



Fig. 1.

Si l'on dirige un jet liquide chargé de gravier par chacun de ces tubes, sous la même pression, et si le

tube *t'* est plus large que le tube *t*, on verra, comme l'a montré Savart, une nappe liquide se former en M, laquelle sera projetée en dehors du tube, alors que, d'autre part, les grains de gravier, s'ils dépassent les dimensions des mailles, seront retenus à l'intérieur.

Dans cette comparaison, les tubes *t* et *t'* représentent respectivement les pôles — et + qui constituent les foyers de projection de l'éther; le jet *a*, chargé de gravie , les rayons cathodiques ou, en d'autres termes, l'éther en mouvement charriant des molécules matérielles du gaz à l'état radiant; la nappe M, après sa sortie du tube, dépourvue de gravier ou de molécules et n'exerçant plus d'actions mécaniques, les rayons X. Ce qui caractérise ces projections éthérées est leur extrême violence de projection. Leur intensité est telle qu'ils traversent les corps les plus opaques, alors que, comme nous le verrons plus loin, ces projections, émanant d'autres sources, sont à peine capables de traverser l'air sous la pression normale.

Il est inutile de dire que, dans cette comparaison, nous ne nous proposons d'expliquer que le fait saillant qui nous occupe. En effet, dans un tube de Crookes, on n'introduit pas continuellement du gravier ou des molécules, mais il se produit, au contraire, un régime de circulation, lequel provoque en outre, notamment, les « Kanalstrahlen » de Goldstein.

### § 2. — *Réactifs des projections éthérées.*

Lorsque les projections éthérées renferment de la matière radiante en suspension, les actions mécaniques peuvent, comme on le sait, servir à reconnaître leur pré-

sence; c'est le cas des rayons cathodiques et des projections éthérées du radiomètre. Lorsqu'il n'en est plus ainsi, par exemple dans le cas des rayons Röntgen, on peut recourir à la fluorescence, mais ce réactif n'est appréciable que pour le cas des projections qui caractérisent ces rayons.

La plaque photographique constitue un réactif plus général, mais souvent capricieux, raison pour laquelle nous n'en ferons pas usage.

Ces jets d'éther, plus condensés que l'éther du vide, rendent les gaz qu'ils traversent conducteurs de l'électricité; il en résulte que l'électroscope constitue un moyen de les déceler. Nous en ferons usage pour certaines recherches. Mais cet instrument ne permet pas de reconnaître ce que devient le jet d'éther lorsqu'il rencontre une surface. Nous allons voir qu'il se comporte absolument comme le jet d'eau qui s'étend en lame mince.

Le réactif qui permet de déceler ces particularités n'est autre chose qu'une plaque de colophane. Afin de la réaliser, on fond cette substance en y ajoutant un peu de cire jaune, puis on la coule sur une feuille de carton épais. Les bulles d'air qui se forment lors de la coulée sont enlevées en promenant sur la surface liquide, la flamme d'un brûleur de Bunsen.

Il suffit alors d'électriser le plateau ainsi réalisé en le frictionnant en tous sens par exemple sur le conducteur d'une machine de Ramsden, ou à l'aide d'une bouteille de Leyde. Après l'expérience, la place occupée par l'électricité se reconnaît en projetant à la surface de la poudre de soufre renfermée dans un sachet en toile (soufre en canon pulvérisé au mortier).

### § 3. — *Reproduction des figures de Savart.*

Afin de nous rendre compte du mécanisme de ce réactif, imaginons, à titre d'hypothèse provisoire, que l'électricité répandue à la surface du diélectrique se compose d'une infinité de petits tourbillons d'éther doués de stabilité, mais susceptibles de se mouvoir comme le feraient des trombes marines à la surface de l'océan.

Lorsqu'un jet d'éther vient à rencontrer une pareille surface, il s'étend en lame, comme le ferait un liquide, en refoulant devant lui les petits tourbillons, tandis qu'en même temps une partie de l'énergie de ceux-ci se transmet par l'éther condensé avec lequel ils sont en contact, cet éther condensé du jet se comportant comme un conducteur. Ceux dont l'énergie n'aura pas été transmise par ce véhicule se comporteront comme des particules susceptibles d'être chassées par le courant d'un fluide.

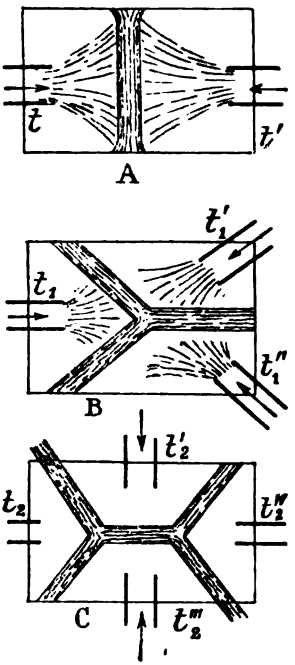


Fig. 2.

Afin de réaliser l'expérience avec les lames liquides, il suffit de diriger des jets d'eau sur les lames de verre A, B, C (fig. 2), les

tubes adducteurs étant disposés en $t$, $t'$; $t_1$, $t'_1$, $t''_1$; $t_2$, $t'_2$, $t''_2$, $t'''_3$.

On obtiendra alors respectivement les figures indiquées. Afin de réaliser l'expérience avec les jets d'éther, il suffit de placer autour d'un plateau de résine P (fig. 3) électrisé, des foyers d'émission d'éther, par exemple des becs de Bunsen, ainsi que l'indique la figure, ou des pointes métalliques disposées verticalement, mises en communication avec l'un des pôles d'une bobine, de préférence avec le pôle négatif.

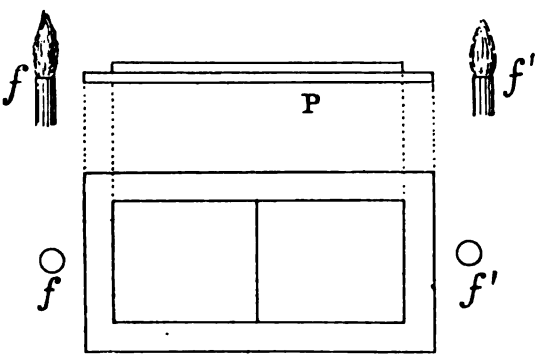



Fig. 3.

Après quelques instants de pose, on saupoudre à l'aide de poudre de soufre et l'on obtient les figures A, B ou C, suivant le nombre de foyers dont on a fait usage. (Voir photogrammes I, II, III.)

Si l'on fait usage de rayons Röntgen, ces projections, au lieu de s'étendre sur le plateau de résine, le traversent en majeure partie; il en résulte que la lame éthérée se forme d'une manière insuffisante. Mais l'on obtient, au

[illegible], un résultat satisfaisant si l'on fait usage de [illegible] secondaires émanant d'un gaz traversé par les rayons Röntgen. Ces projections, qui sont le résultat d'une sorte de ricochet sur les molécules du gaz, possèdent une vitesse moindre.

Afin de faire l'expérience, on réalise deux faisceaux de rayons Röntgen *a* et *b* (fig. 4) à l'aide d'un tube à rayons A, placé derrière un écran en plomb P, percé de deux ouvertures. Le plateau de résine électrisé est disposé en R, notablement en dessous des ouvertures *a*, *b*, afin d'éviter l'action des rayons directs.

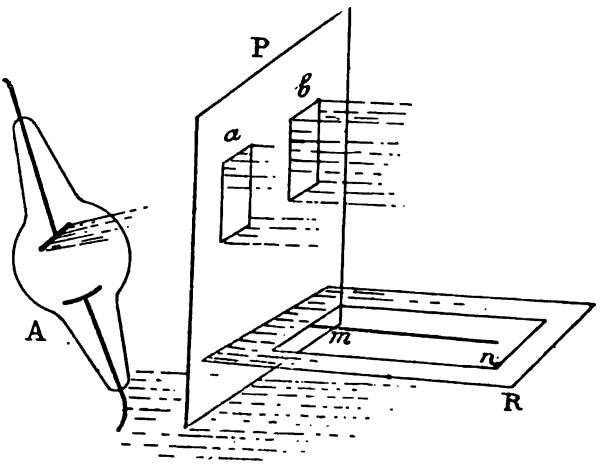



Fig. 4.

Ces faisceaux lancent normalement à leur axe des projections moins rapides, lesquelles s'étendent sur le plateau en lames qui viennent se rencontrer et déterminent une droite parfaitement déliée en *mn*.

On peut encore réaliser une expérience bien frappante, laquelle imite ce qui se produit lorsqu'un cours d'eau rapide vient à rencontrer une pile de pont.

On remarque dans ces conditions que le liquide contourne la pile pour former une traînée de remous en *a*, *b* (fig. 5). Le même phénomène se produit si l'on vient à placer verticalement un écran quelconque en *l* (fig. 6) sur la plaque de résine électrisée, un bec de Bunsen étant en *f*. (Voir photogr. IV.)

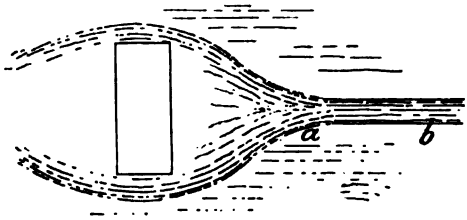



Fig. 5.

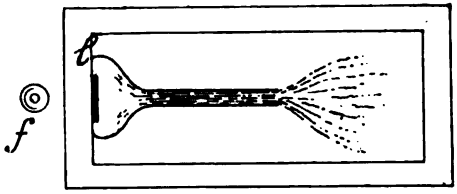



Fig. 6.

Cette expérience peut se réaliser à l'aide des rayons Röntgen.

Si maintenant on dirige perpendiculairement à un

plan une série de jets d'eau, la figure réalisée par la rencontre des lames liquides dépendra de la disposition géométrique de ceux-ci. S'ils sont disposés en carrés, on obtient des carrés; s'ils le sont en triangles ou en quinconces, des hexagones; s'ils le sont en hexagones, des triangles.

Ces figures s'obtiennent avec la plus grande facilité à l'aide des projections d'éther. Il suffit de disposer pendant quelques instants au-dessus du plateau de résine électrisé un plateau à double paroi dans lequel on introduit du gaz d'éclairage, et de pratiquer dans celui-ci des ouvertures qui correspondent aux sommets des figures géométriques dont nous avons parlé et qui représentent autant de flammes projetantes. (Voir photogramme V.)

Les carrés avaient 10 centimètres de côté.

On remarque que la figure géométrique est d'autant plus parfaitement réalisée que le nombre de droites qui concourent en un même point est plus petit. La perfection peut être considérée comme absolue pour l'hexagone.

Remarquons ici l'analogie qui existe entre l'effet produit sur le tourbillon électrique et sur la molécule dans l'état radiant. Tous deux sont emportés par le souffle éthéré, au même titre que le vent de l'atmosphère entraîne à la fois la trombe marine et un objet quelconque.

On peut dire d'une manière tout à fait générale que la figure obtenue peut se définir comme suit : le lieu géométrique est formé des points à égale distance de deux foyers tels que A, B, la distance commune étant inférieure à la distance à tout autre foyer. Par exemple, les foyers

A, B, C, D fourniront la figure *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* (fig. 7).

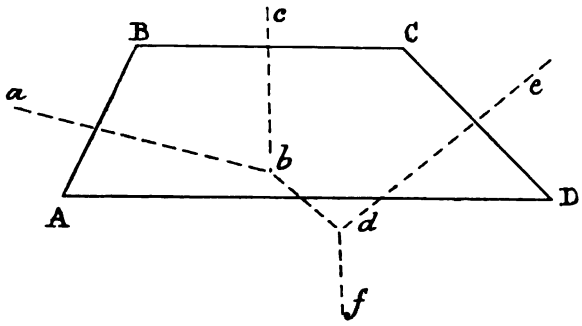



Fig. 7.

§ 4. — *Mécanisme de la production d'une ombre.*

Considérons un plateau de résine électrisé et disposons en avant, à quelques centimètres, un écran carré suspendu à l'aide d'un fil de fer par exemple (fig. 8).

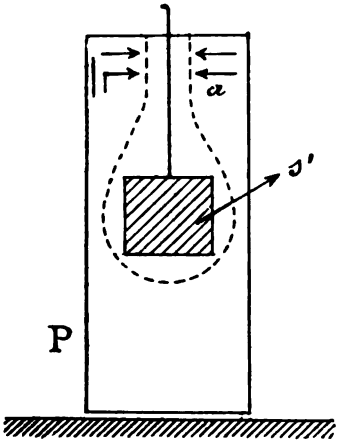



Fig. 8.

Dans ces conditions, si nous considérons un tourbillon électrique d'éther condensé correspondant au plateau *s* (fig. 9), ce tourbillon développera sur la surface *s'* de l'écran, par l'intermédiaire de l'éther du vide, un phénomène analogue, au même titre que la trombe formée dans un nuage détermine à la surface de la mer le tourbillon auquel le premier tend à se réunir. Le temps très court pendant lequel cette tendance à la réunion s'établit, correspond à la durée du courant de Maxwell dans les diélectriques ou à la transmission de l'influence. Cette tendance correspond donc à un mouvement héliçoïdal de l'éther libre interposé. L'axe de ces tourbillons correspond à la direction des lignes de force.

Fig. 9.

Remarquons encore que ces tourbillons pourront traverser les diélectriques, c'est-à-dire des milieux matériels dont les molécules sont séparées par un espace suffisant d'éther non condensé ; ils pourront produire sur les molécules des phénomènes d'orientation ou de polarisation. Dans les conducteurs, les espaces occupés par l'éther condensé se touchent.

Si nous reprenons maintenant notre écran, celui-ci réalisera tout autour de lui une zone, indiquée en pointillé, laquelle correspond aux points où les tourbillons sont limités, comme dans la figure 9, d'une part par l'écran, d'autre part par le plateau de résine. Cet espace constituera tout d'abord un milieu inattaquable aux projections éthérées, au même titre qu'une série de trombes liquides fixées à chacune de leurs extrémités

offriraient une certaine résistance au déplacement lorsqu'elles seraient soumises à l'action d'une poussée.

Il en résulte que nous pourrons réaliser une ombre notablement élargie, semblable à celle qui est indiquée en pointillé.

Mais, en général, le phénomène est plus complexe; en effet, si nous considérons un plateau de résine électrisé d'une manière continue, il n'y aura pas simplement conduction par le jet d'éther condensé qui viendra frapper l'espace *a*, mais la lame d'éther condensé qui se développera à la surface de la résine, aura aussi pour effet de refouler les tourbillons, en les prenant par la base, vers l'ombre géométrique. Ce refoulement se produira même à l'intérieur de l'ombre géométrique. La réduction des dimensions de l'ombre sera d'autant plus grande que le temps de pose aura été plus long.

Le photogramme IV représente l'ombre d'une tôle carrée avec deux temps de pose différents.

Il est donc aisé de voir que pour obtenir la figure 8, il faut s'opposer aux effets de la lame d'éther qui s'étale sur le plateau de résine. On y réussit en traçant à l'aide d'une bouteille de Leyde, faiblement électrisée, une série de traits déliés sur le plateau. Dans ces conditions, le glissement des tourbillons à la surface s'exécute plus difficilement.

Afin de montrer l'action préservatrice des lignes de force ou des tourbillons limités (fig. 9), et afin de reconnaître également que la stabilité de ceux-ci est d'autant plus grande qu'ils sont de plus faible longueur, ce qui est évident *a priori*, nous avons disposé sur le plateau de résine un gros fil métallique incliné à 45°

(fig. 10); en *f* se trouve la flamme très petite d'un chalumeau à gaz, dirigée suivant le sens de la tige. On remarque dans ces conditions que les points *a*, *b*, placés sous la tige, sont préservés et que la tige porte ombre. La préservation est d'autant plus parfaite qu'on se rapproche davantage du point *a*.

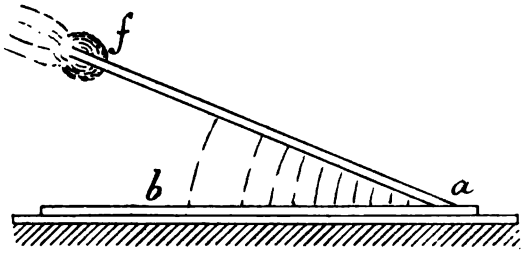



Fig. 10.

On peut encore faire l'expérience suivante : Disposons au-dessus d'un plateau allongé de résine un dard de chalumeau *d* (fig. 11) placé horizontalement; en *e* se trouve

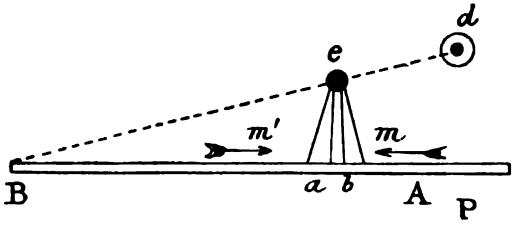



Fig. 11.

un gros fil métallique faisant écran; la partie *a*, *b* constituera la partie préservée, mais, d'autre part, la lame d'éther produite en A aura pour résultat de faire glisser

les tourbillons suivant une direction *m*, alors que la pression de cette lame qui pourra se produire en *m'* en sens contraire sera plus faible. Il résultera de cette circonstance un déplacement de l'ombre dans la direction *m*, lequel sera d'autant plus accentué que le temps de pose aura été plus long. Nous avons remarqué une déviation de l'ombre vers le point B de 61 millimètres pour une pose de 30"; pour une pose d'une minute, cette déviation atteint 82 millimètres.

§ 5. — *Constatation, à l'aide de l'électroscope, de l'effet préservatif des lignes de force limitées.*

Considérons en A (fig. 12) le plateau d'un électroscope; en P, un écran percé d'une ouverture vis-à-vis de laquelle on place un foyer quelconque de projection

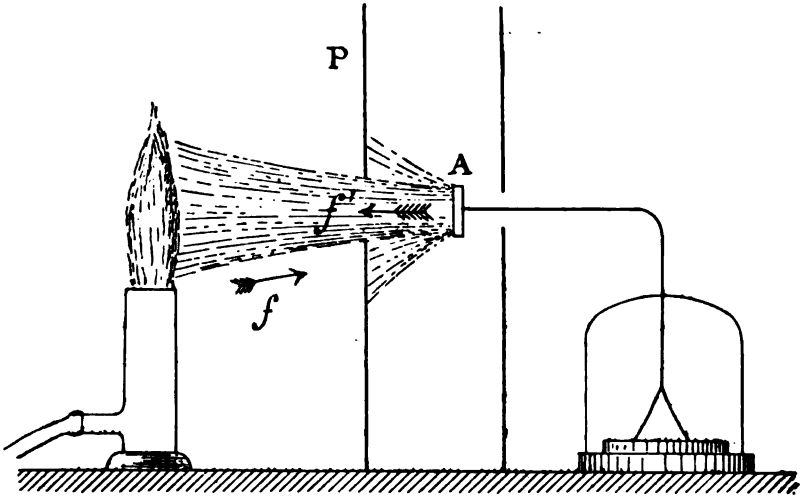



Fig. 12.

éthérée, par exemple un bec de Bunsen. Les jets condensés conducteurs lancés suivant la direction *f*, permettront au mouvement tourbillonnant électrique de se propager suivant la direction *f'* et l'on verra l'électroscope se décharger progressivement. Mais si l'on vient à appliquer à l'orifice de l'écran un ajutage *b* (fig. 13), même de faible longueur, les lignes de force ouvertes, dirigées suivant le sens *a*, *b*, deviennent de plus en plus rares, et les tourbillons fermés, limités, dont l'axe représente les lignes de force incurvées que nous reproduisons sur la figure, constituent un milieu d'une telle stabilité qu'on peut le considérer comme inexpugnable pour les projections ordinaires.

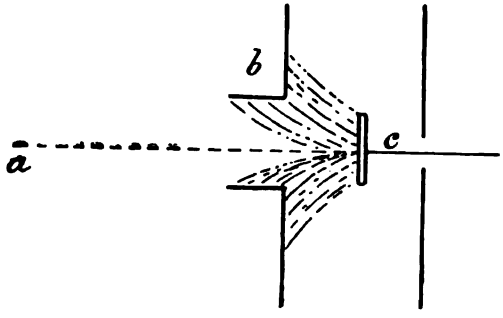



Fig. 13.

Il en résulte que si nous plaçons entre le foyer de projection et l'électroscope un grillage formé de fils métalliques, les tourbillons étant limités d'une part par le conducteur de l'électroscope, d'autre part par les fils du grillage, acquerront une grande stabilité et la décharge ne se produira plus, ou du moins beaucoup plus lentement.

Afin d'empêcher cet effet, il suffit d'électriser le grillage d'électricité de même nom que l'électroscope.

Dans ces conditions, le tourbillon éthéré positif, par exemple, au lieu de pouvoir se raccorder à un tourbillon négatif, est repoussé par les fils métalliques et passe entre les mailles. La décharge se produit alors en même temps que la disparition de l'effet protecteur. (Nous verrons plus loin que l'observation permet de constater la différence qui existe entre le tourbillon positif et le tourbillon négatif).

Afin de constater ces phénomènes à l'aide des rayons Röntgen, il suffit de suspendre à l'aide d'un fil de soie une sphère en laiton munie d'un électroscope à balle de sureau dans des cages en grosse toile métallique. On remarque d'abord que l'action protectrice est d'autant plus parfaite que les dimensions de la cage sont plus petites, par suite de la limitation ou de la consolidation plus parfaite des tourbillons. Il suffit ensuite d'électriser légèrement la cage d'électricité de même nom que l'électroscope, pour voir disparaître l'effet protecteur. Nous avions déjà constaté ces faits antérieurement (1).

### § 6. — *Action des projections éthérées sur les molécules du gaz ambiant. Ombre rétrograde.*

Si l'on considère un gaz, chaque molécule peut être regardée comme une petite masse matérielle, animée d'un mouvement de rotation extrêmement rapide. Si, dès

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 1898, 3me série, t. XXXV, p. 138 et p. 368.

lors, ces molécules viennent à être frappées par des projections éthérées, elles se comporteront comme des moulinets animés de rotations rapides et frappés par un jet liquide. Ces moulinets ne tarderont pas à lancer eux-mêmes ce liquide dans toutes les directions, et ces projections pourront même se continuer lorsque le jet principal aura cessé de fonctionner, jusqu'à ce que le moulinet soit complètement égoutté. Cette image pourrait fort bien se réaliser à l'aide d'une turbine formée de fils métalliques et renfermant des éponges.

Il résulte de cette considération que chaque molécule se comportera elle-même comme un foyer de projection de l'éther, soit avant, soit après la cessation de la projection principale.

Il est inutile d'insister sur les faits bien connus qui montrent ce phénomène pour les rayons Röntgen. Nous nous bornerons à exposer quelques expériences qu'il était impossible de réaliser à l'aide des réactifs connus.

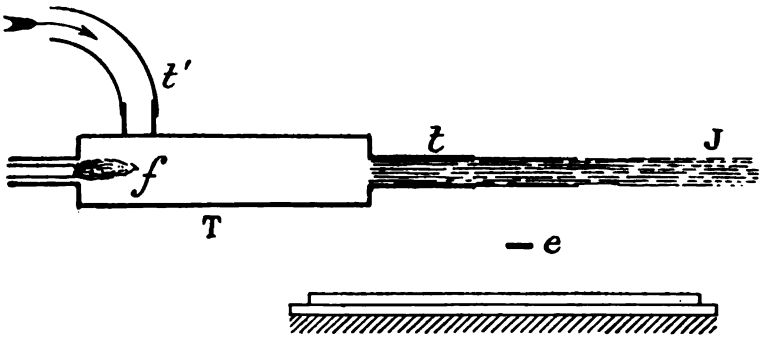



Fig. 14.

A l'entrée d'un gros tube de laiton T (fig. 14) fermé à l'arrière se trouve une petite flamme d'un chalumeau à

gaz, alors qu'une deuxième soufflerie envoie de l'air par le tube *t'*; un tube *t* détermine la production d'un jet d'air J relativement étroit et rectiligne. On peut s'assurer de cette dernière condition en introduisant de la poudre de lycopode dans l'air insufflé avant l'expérience.

On reconnaît dans ces conditions que les molécules du jet J se comportent elles-mêmes comme des foyers de projection d'éther et l'écran *e* détermine une ombre très marquée. Pour un observateur qui percevrait ces rayons, ce jet d'air apparaîtrait comme un trait de feu.

On obtient des effets moins marqués, mais sensibles, si l'on remplace la flamme *f* par l'étincelle électrique *e* (fig. 15), ou encore si l'on se sert de rayons Röntgen. Dans ces conditions, le tube T est muni d'une boîte en carton B (fig. 16) qui reçoit l'air par un tube *t'* raccordé directement à une soufflerie. Un écran E en plomb

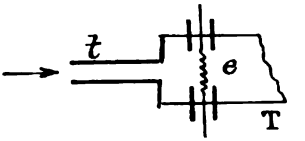


Fig. 15.

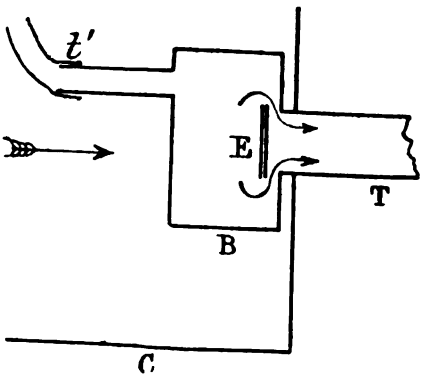


Fig. 16.

empêche le passage direct des rayons. Le tout ainsi que le tube à rayons Röntgen est enfermé dans une caisse *c* en plomb.

Considérons le plateau de résine électrisé P (fig. 17) en projection horizontale, un écran *e* formé d'une lame métallique de 1 centimètre de largeur et la flamme d'un bec de Bunsen *f* placée en arrière.

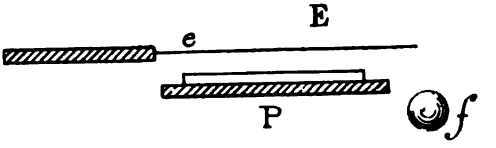



Fig. 17.

En vertu de ce que nous avons dit, les molécules placées dans l'espace E se comportent comme des foyers de projection et déterminent l'ombre de l'écran *e*. Nous avons désigné ce phénomène sous le nom d'*ombre rétrograde*.

Un observateur doué pour percevoir ces projections verrait donc cet espace E entièrement illuminé.

Si l'on fait usage des rayons Röntgen afin d'obtenir une ombre, une petite partie seulement de la radiation, ainsi que nous l'avons dit, est utilisée afin de produire l'éclaboussure éthérée, l'autre partie traverse le plateau.

Si dans ces conditions nous plaçons le plateau électrisé en P (fig. 18), le tube à rayons Röntgen en T, une partie de ces rayons traverseront le plateau P et décharge-ront celui-ci; mais la surface correspondant à l'écran *e* sera protégée par suite de la stabilité des tourbillons et nous obtiendrons une ombre irrégulièrement tracée, par

suite de l'inégale répartition de l'électricité sur le plateau.

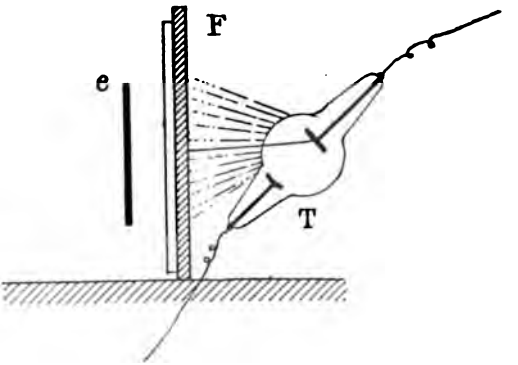



Fig. 18.

Considérons une molécule M, lançant des jets d'éther condensé suivant toutes les directions et, en particulier, suivant la direction MT (fig. 19). Ce jet aboutissant en T

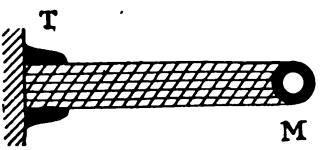



Fig. 19.

à un tourbillon électrique, il en résultera que l'énergie de ces tourbillons pourra, d'une part, se dissiper par l'intermédiaire de ces jets conducteurs capables de transmettre le mouvement tourbillonnant à la masse tout entière du gaz ambiant; mais, d'autre part, ces tourbillons T se comporteront vis-à-vis de l'éther condensé

en M comme les trombes aériennes se comportent lorsqu'elles rencontren tune masse d'eau, par exemple : celle-ci ne tarde pas à être enlevée dans l'espace.

Il en est de même de l'éther condensé en M, et cette molécule perd la faculté qu'elle possédait de décharger les conducteurs.

Nous avons montré qu'il en est ainsi en faisant usage de divers foyers de projection de l'éther, par exemple en dirigeant un courant d'air par le tube T (fig. 20) sur une

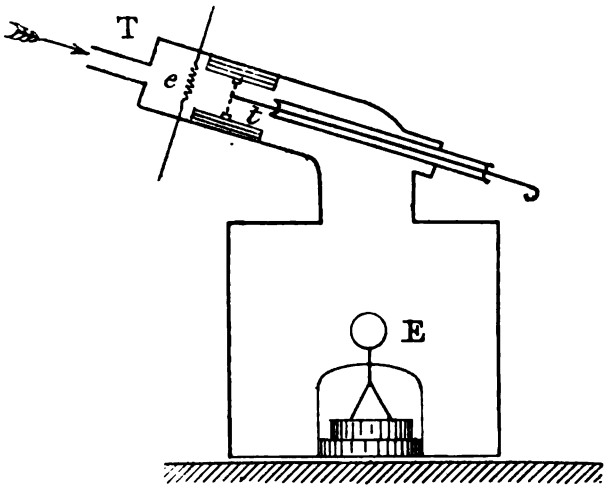



Fig. 20.

étincelle *e*. Celui-ci possède la faculté de décharger l'électroscope E, mais la perd complètement si la toile métallique *t* est électrisée (1).

Il faut, pour exécuter cette expérience, faire en sorte que l'axe des tourbillons du conducteur E ou ses lignes de force ne puissent rencontrer la toile métallique.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (sciences), pp. 293-299, 1899.

Si les axes des tourbillons de E venaient à rencontrer le corps électrisé *t* (fig. 21), il se produirait un autre phénomène, au sujet duquel nous nous occuperons d'une observation fondamentale.

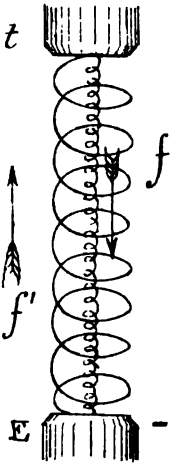


Fig. 21.

Considérons deux conducteurs, l'un positif *t*, l'autre négatif E. Si le courant était établi, il se produirait une propagation d'électricité négative dans un sens et d'électricité positive dans l'autre; cependant il est impossible de voir ce qui se passe dans un conducteur. Mais il n'en est plus ainsi si l'on vient à écarter ceux-ci. Dans ces conditions, le courant continue à passer par instants lorsqu'une étincelle jaillit et *l'on peut voir*, grâce à l'énorme frottement produit, lequel est transformé en chaleur et en lumière.

On remarque dans ces conditions, en prenant certaines précautions que j'ai indiquées précédemment (1), qu'il se produit d'abord au pôle positif un tourbillon excessivement fin, lequel paraît cependant, d'après les expériences de M. Zenger, présenter la forme d'un tube caractéristique du tourbillon. Si l'on approche suffisamment ce conducteur du conducteur négatif E, on remarque que celui-ci devient le siège d'un tourbillon incomparablement plus large dans lequel le premier s'engage, puis

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, (sciences), 3e série, t. XXXIII, p. 124, 1897.

les deux tourbillons cheminent en sens contraire suivant *f* et *f'*. C'est l'observation directe du courant.

L'électricité négative est donc caractérisée par des tourbillons larges et creux; l'électricité positive, par des tourbillons fins et condensés. On pourrait désigner l'électricité positive sous le nom d'électricité mâle et l'électricité négative sous le nom d'électricité femelle. Quant à la neutralisation, elle est le résultat du frottement que les deux tourbillons exercent entre eux.

Remarquons que dans presque tous les cas, l'électricité positive seule traverse l'air. Le phénomène dont nous avons parlé, a été observé à l'aide d'une bobine à fil induit très gros (1).

L'expérience de Weyler (2) reproduit très bien les tourbillons positif et négatif.

De la farine se trouve introduite à la partie inférieure d'un récipient A (fig. 22); à la partie supérieure se trouve

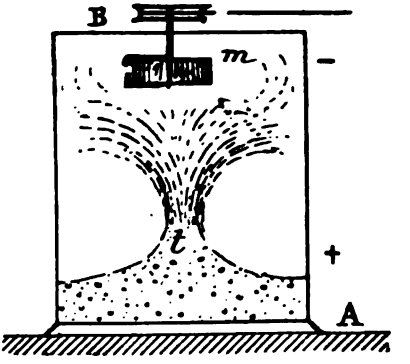



FIG. 22.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1897, 3e série, t. XXXIII, p. 124.

(2) E. DUCLAUX, *Cours de physique et de météorologie*. Paris, Hermann, 1891, p. 329.

un moulinet *m* tournant rapidement. Ce dernier produit dans l'air le tourbillon négatif femelle et, par induction, le tourbillon mâle ou positif, lequel se manifeste par un tourbillon de farine *t*, fin et délié.

On constaterait évidemment l'induction réciproque si l'on avait le moyen mécanique de produire le tourbillon *t*; le tourbillon femelle et la rotation du moulinet en seraient la conséquence.

Reprenons maintenant l'expérience précédente et supposons que l'axe du tourbillon *t* rencontre E. Il n'y a pas étincelle ou courant, c'est-à-dire que le tourbillon, au lieu de se propager dans l'éther condensé, exerce simplement son action à distance, par l'intermédiaire des tourbillons produits dans l'éther non condensé indiqué en pointillé (fig. 23), dans l'air lorsqu'il s'agit de l'expérience de Weyler.

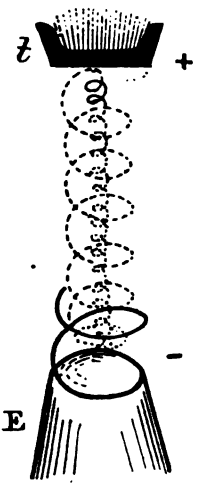


Fig. 23.

Mais si à l'espace non conducteur placé entre *t* et E se trouve substitué un espace renfermant de l'éther condensé, tout se passera comme si E et *t* étaient réunis par un conducteur.

Afin de réaliser l'expérience, il suffit d'insuffler de l'air par le tube T (fig. 24), lequel passe sur l'étincelle *e*. Ainsi chargé d'éther condensé, il traverse les mailles de la toile métallique *t*, et répand cet éther dans l'espace M

qui devient conducteur. Si alors on électrise *t*, cette électricité se transmet à l'électroscope E.

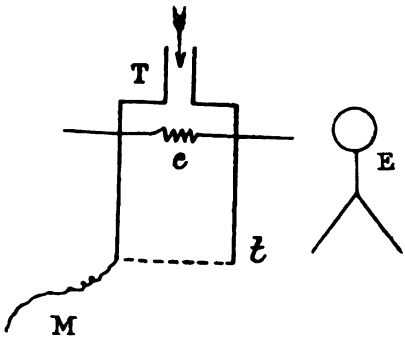



Fig. 24.

### § 7. — *Retransformation de la projection Röntgen en projection à action mécanique.*

Ainsi que cela résulte de ce que nous avons dit, les actions mécaniques (rotation de moulinets, etc.) dues aux projections cathodiques sont la conséquence de ce fait que ces projections renferment des molécules matérielles en suspension. C'est là ce qui distingue les projections de Röntgen des rayons cathodiques. Mais il est facile de communiquer à ces dernières projections cette propriété des premières.

Rappelons que la matière radiante n'est autre chose qu'un gaz suffisamment raréfié pour que ses molécules puissent être entraînées par un jet d'éther condensé. Si dès lors un faisceau de rayons Röntgen vient à traverser un gaz dans cet état de raréfaction, les molécules du gaz placées sur le trajet du jet d'éther seront entraînées

dans le sens de la projection et produiront des actions mécaniques.

Afin de le montrer, considérons un radiomètre R (fig. 25) soumis à l'action d'un faisceau de projections Röntgen *r*.

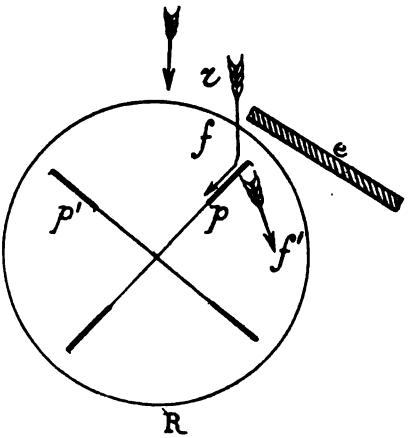



Fig. 25.

Lorsque celles-ci pénètrent dans la matière radiante, elles acquièrent des propriétés mécaniques, et les choses se passent absolument comme si tout le moulinet était aspergé par un jet d'eau, ce qui revient à dire que l'on observe de temps à autre des mouvements incertains.

Pour obtenir une rotation, il suffit d'exécuter ce que l'on ferait s'il s'agissait d'un moulinet soumis à un jet d'eau. Considérons la palette *p* et plaçons un écran formé d'une lame de plomb en *e;* le jet d'éther tombera alors sur la palette en suivant la direction *f* et l'on évitera les remous sur la face opposée. Cette palette se mettra alors en mouvement suivant la direction *f'* et l'on pourra la suivre

en tenant l'écran à la main. Lorsque la palette *p'* sera venue occuper une position analogue, on pourra la reprendre à l'aide de l'écran et réaliser ainsi un mouvement de rotation continu.

Les projections matérielles ainsi réalisées à l'intérieur du radiomètre ne sont cependant pas identiques aux projections cathodiques. Afin de rendre la chose tangible à l'aide d'une image, on peut dire que les molécules cathodiques sont comparables aux projectiles d'une arme rayée : elles possèdent le mouvement héliçoïdal, c'est-à-dire le mouvement électrique ; les molécules que nous venons de considérer à l'intérieur du radiomètre sont comparables aux projectiles qui sortent d'une arme lisse.

Il résulte de cette circonstance que les premières sont influencées par l'aimant, alors que les secondes ne paraissent pas subir d'action appréciable.

### § 8. — *Points d'émission des projections éthérées.*

Les expériences entreprises par divers physiciens, notamment par Galitzine, ont montré que les rayons Röntgen prennent naissance dans le voisinage de l'anticathode. C'est là une conséquence de ce que nous avons dit précédemment. Mais on peut se demander comment il se fait que les projections cathodiques l'emportent à un tel point sur les projections anodiques.

Ce fait résulte sans doute de ce que les tourbillons cathodiques lancent plus régulièrement leurs projectiles, c'est-à-dire leurs molécules, dans une direction unique. En un mot, ceux-ci sont comparables à une série de canons rayés placés parallèlement. Alors que le tir cor-

respondant à l'anode se produit en général d'une manière plus irrégulière. Nous avons cependant remarqué antérieurement que l'on peut obtenir des ombres anodiques de même que des ombres cathodiques ou régulariser le tir de l'anode en faisant subir à l'énergie anodique une série de transformations. Les cinq plateaux (fig. 26) A, B, C, D, E — A', B', C', D', E' s'électrisent réciproquement par l'intermédiaire des aigrettes produites aux pointes de chacun d'eux.

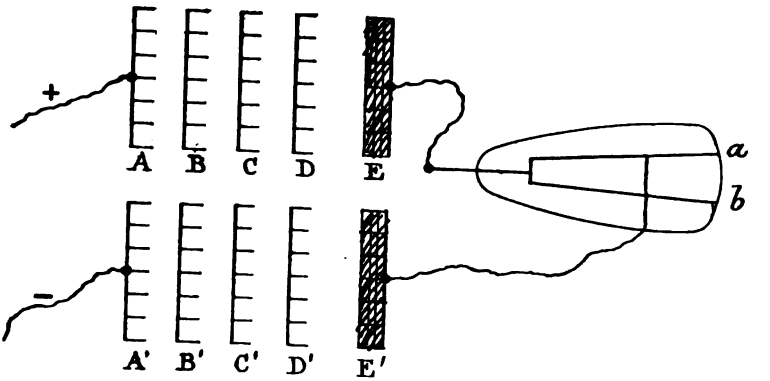



Fig. 26.

Dans ces conditions, le cinquième plateau E fournit une électricité positive régulière capable de porter ombre en *a*, *b*. Nous n'avons pas cependant réussi à voir les projections Röntgen dans le voisinage de la cathode (1).

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1897, 3e série, t. XXXIII, p 210.

*Points d'émission de la flamme.*

Afin de nous rendre compte de la position des points d'émission de la flamme, nous nous sommes servi d'un dard de chalumeau disposé à côté du plateau électrisé P (fig. 27). Perpendiculairement à ce plateau est placé un

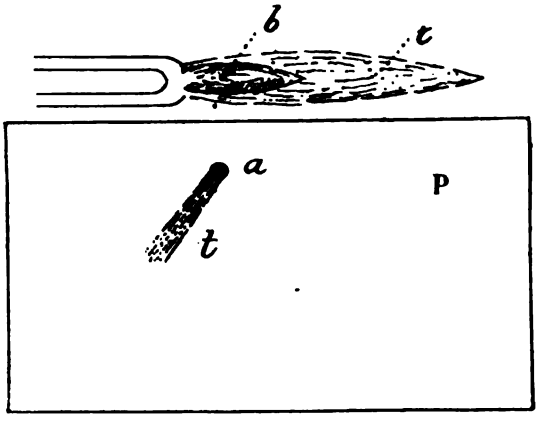



Fig. 27.

gros fil métallique *a*. La direction de l'ombre *t* que l'on obtient dans ces conditions indique la direction de la résultante des actions des projections éthérées qui émanent de la flamme. Ces expériences indiquent que le cône bleu *b* est peu efficace. Les projections émanent surtout de la partie rosée *r*.

*Points d'émission de l'étincelle électrique.*

Nous nous sommes servi du même procédé (voir fig. 28 et photogramme VII). Les deux pôles d'un excitateur réunis à une machine de Holtz et l'aiguille *a* formaient un triangle équilatéral de 7 à 8 centimètres de côté. L'expérience montre que les projections émanent de la cathode. Il est bien intéressant de remarquer que l'étincelle produite sous pression se comporte au point de vue des projections éthérées comme l'effluve produite dans les tubes de Crookes. C'est la cathode qui est l'élément le plus actif.

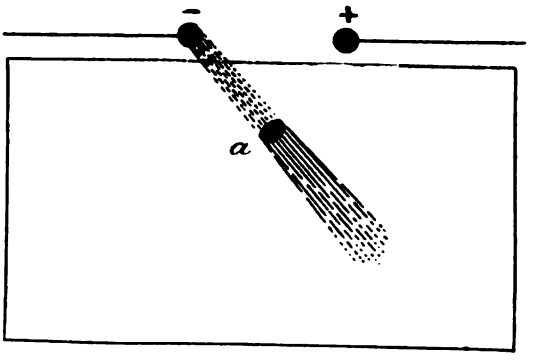



Fig. 28.

Nous avons poussé plus loin notre investigation en examinant séparément les aigrettes positives et négatives émanant de pointes. Ici encore, on remarque que, toutes choses étant égales, la décharge d'un électroscope se pro-

duit plus rapidement à l'aide de l'aigrette négative qu'à l'aide de l'aigrette positive.

Dans la décharge oscillante, les projections paraissent émaner de tous les points de l'étincelle.

§ 9. — *Force de pénétration des projections éthérées.*

Il est inutile de rappeler ici la prodigieuse force de pénétration des projections de Röntgen, mais il est évident que si de pareilles projections viennent à traverser un milieu quelconque, leur vitesse sera modifiée et, par conséquent, les propriétés de celles-ci seront altérées. C'est à mon assistant, M. Dwelshauwers-Dery, que revient l'honneur d'avoir le premier constaté ce phénomène (1).

Mais si la force de pénétration est si considérable pour les projections dont nous venons de parler, il en est tout autrement des projections qui émanent des autres foyers d'ébranlement de l'éther. Celles-ci sont arrêtées dans leur mouvement par les substances solides ou liquides. Nous avons fait usage pour ces expériences de la flamme du bec de Bunsen, du manchon d'Auer, de la combustion du magnésium et de l'acétylène. Aucune trace de ces projections ne traversait une lame de quartz ou de sel gemme, ni même une pellicule de collodion d'une extrême finesse. L'arc électrique seul nous a montré dans certains cas le phénomène de la décharge au travers d'une fine lame de quartz, mais le phénomène est irrégulier.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1896, 3e sér., t. XXXI, p. 482 et p. 688.

Les gaz mêmes exercent une puissante action absorbante.

Voici une expérience que nous avons réalisée. On coule au fond d'une petite boîte en carton un plateau de résine. En *e* se trouve l'écran formé d'un fil métallique traversant la boîte (fig. 29). En T, une tuyère plate lançant un jet d'anhydride carbonique sous haute pression. On obtient ainsi une lame gazeuse fermant la boîte. En *f* se trouve le dard du chalumeau.

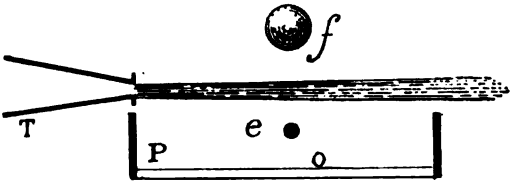



Fig. 29.

On remarque dans ces conditions que l'ombre de l'écran *e* ne cesse pas de se produire en O. Ces projections traversent donc sans altération la lame gazeuse en mouvement.

## § 10. — *Phénomènes astronomiques.*

**Couronne et aigrettes solaires. — Comètes. — Aurores polaires.**

Si les corps chauds émettent des projections d'éther et si de plus, comme nous l'avons vu, ces projections sont de nature à entraîner les gaz lorsqu'ils sont dans un état de raréfaction suffisant, il est facile de prévoir ce qui doit se produire à la face du globe solaire, corps chaud

entouré d'une atmosphère très raréfiée. Celle-ci sera entraînée par ces projections, qui se comportent comme de véritables rayons, et le phénomène bien connu de la couronne et des aigrettes solaires se produira.

Si ces projections ou ce vent éthéré rencontre en dehors de l'astre central un gaz à l'état radiant, cela a lieu pour les comètes. Ces corps ne tarderont pas à prendre la forme allongée.

Il importe de remarquer que les molécules matérielles ainsi entraînées acquièrent une vitesse prodigieuse, relativement aux vitesses normales des molécules dans le gaz. En d'autres termes, la température, telle qu'elle est définie par les vitesses moléculaires, devient considérable, bien que d'autre part la rareté du gaz ne la rende pas sensible au thermomètre formé d'une masse relativement grande. Nous trouvons ainsi l'explication de la luminescence d'objets célestes, lesquels accuseraient vraisemblablement au thermomètre une température voisine du zéro absolu.

Afin de nous faire une idée de ces températures, rappelons qu'en nous basant sur la vitesse des rayons cathodiques, nous avons estimé la température moléculaire d'un tube de Crookes à 46,000,000 de degrés ! et la température moléculaire du radiomètre à 273,000 degrés (1).

Nous pouvons nous demander encore si les projections éthérées solaires atteignent la surface de l'écorce terrestre. L'expérience montre qu'un électroscope ne se décharge pas sensiblement au soleil. Cependant l'expérience du

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1896, 3e série, t. XXXI, p. 458, et t. XXXII, p. 75.

Dr Le Bon permet de reconnaître qu'elles existent en certaine proportion; en effet, la décharge se produit encore sous l'action de la radiation solaire si le conducteur en aluminium de l'électroscope est parfaitement décapé.

S'il en est ainsi, la coïncidence du maximum de fréquence des aurores polaires avec la période du maximum des taches solaires, paraît trouver son explication. C'est en effet pendant cette dernière phase de l'activité solaire que se produit le maximum de projections éthérées ou de protubérances, lesquelles projections, en atteignant le globe terrestre, y favoriseront la reconstitution des deux électricités, ainsi que nous l'avons vu, c'est-à-dire la production des aurores polaires.

## § 11. — *Phénomènes atmosphériques.*

Il paraît naturel d'admettre, d'après ce qui précède, que le milieu dans lequel nous vivons est non seulement le siège de déplacements et de variations de pression du gaz qui nous environne, mais que l'éther y joue un rôle analogue. Les manifestations électriques constituent probablement l'élément perturbateur, en déterminant des phénomènes physiologiques peu définis, mais que ressentent incontestablement les êtres sensibles.

Nous nous bornerons à citer un fait d'ordre physique. Le 15 août, une machine de Ramsden, placée dans notre laboratoire, fournissait des étincelles d'environ 3 centimètres de longueur.

La nuit du 15 au 16 fut fréquemment illuminée par des éclairs lointains. Or, le 16, par un état hygrométrique

sensiblement identique à celui de la veille, la machine fournissait dans les mêmes conditions des étincelles ayant à peine 1 millimètre; le 17, elles atteignaient environ 5 millimètres, et le 18, elles avaient repris leur intensité primitive.

Dans tout ceci, la vapeur d'eau n'avait joué aucun rôle, mais les décharges électriques de la nuit du 15 au 16 avaient communiqué aux molécules d'air des propriétés spéciales, dont nous avons parlé plus haut.

## Appendice.

Il résulte de ce que nous avons dit qu'électriser n'est autre chose que répéter par un procédé quelconque l'expérience de Weyler. Les tourbillons mâle et femelle une fois réalisés, peuvent continuer à subsister isolément sous la forme d'électricité positive ou négative.

Si l'on vient à rapprocher ceux-ci, ils ne tardent pas à s'attirer par le fait du tourbillonnement produit dans l'éther non condensé, interposé, de même que cela se passe par l'intermédiaire de l'air, dans l'expérience de Weyler.

Si l'on vient à interposer un diélectrique, c'est-à-dire une substance dont les molécules sont séparées par des espaces renfermant de l'éther non condensé, le même phénomène d'influence pourra continuer à se manifester. Mais ce milieu pourra se comporter comme un milieu plus ou moins cohérent dans lequel on établit un mouvement tourbillonnant ou giratoire.

La quantité d'énergie emmagasinée sera d'autant plus grande que cette cohésion exercera une action plus prononcée.

En un mot, la capacité inductive spécifique dépendra de la nature du diélectrique.

Le diélectrique, par suite de ses vides d'éther non condensé, sera donc peu apte à transmettre le tourbillon d'éther condensé, c'est-à-dire la décharge électrique. Si, par suite de l'extrême tension, les tourbillons positifs et négatifs prennent contact, une quantité considérable d'énergie se transporte de part et d'autre en un temps excessivement court, en déterminant des frottements tels que les mouvements tourbillonnants ne tardent pas à être transformés en mouvements moléculaires, c'est-à-dire en chaleur.

Contrairement à ce qui se passe dans les diélectriques, les conducteurs paraissent formés de molécules entourées d'atmosphères d'éther condensé, lesquelles sont en contact, ce qui les rend propres à transmettre les mouvements tourbillonnants positifs et négatifs. Il y a transport d'éther tourbillonnant condensé dans les deux sens avec une vitesse plus ou moins grande. C'est à cette vitesse de transport et non au mouvement tourbillonnant que sont vraisemblablement dues les attractions et les répulsions électro-dynamiques.

En effet, si nous placions quatre jets d'eau *a*, *b*, *c*, *d* (fig. 30) dans le voisinage l'un de l'autre, nous verrions ceux-ci s'attirer par l'action du vide qui se produirait en *v*.

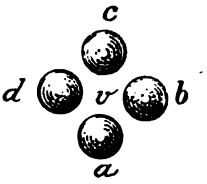


Fig. 30

Il nous est facile maintenant de nous rendre compte de ce que c'est qu'une substance magnétique et un aimant.

Chaque molécule *m m'* (fig. 31) est parcourue par un courant, c'est-à-dire qu'elle est le siège d'un tourbillon de tourbillons ou d'un tourbillon de deuxième ordre.

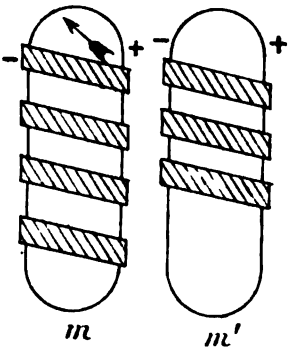


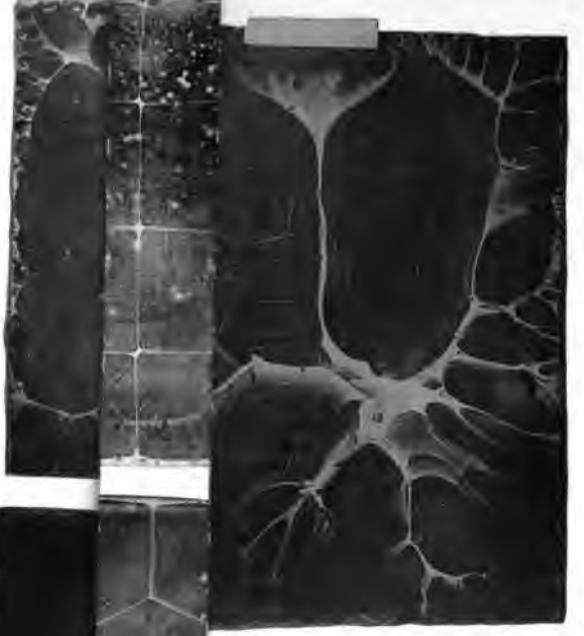

Fig. 31.

Si le tourbillon ne passe pas de molécule à molécule, la substance sera magnétique.

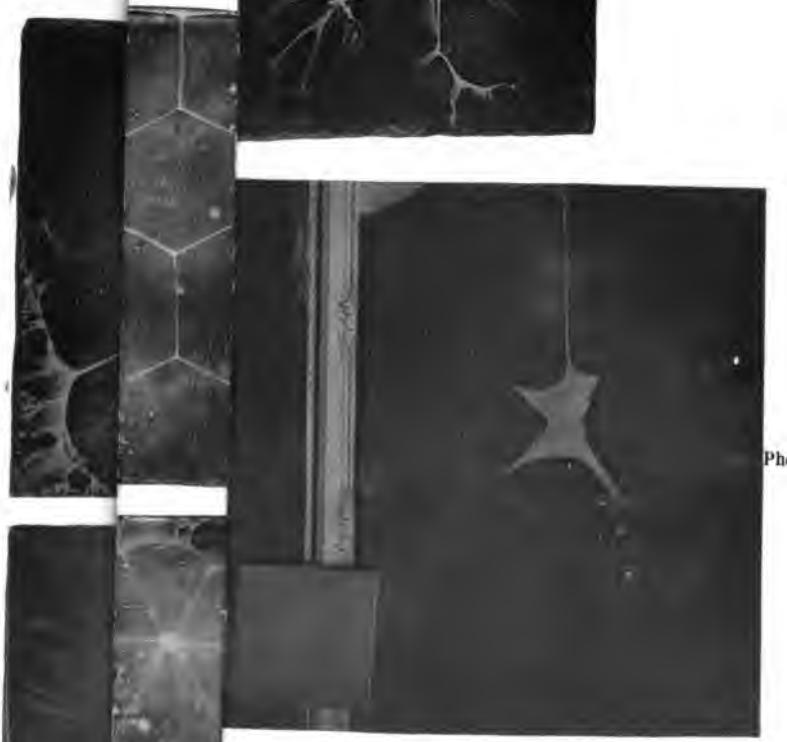
Si l'inverse a lieu et si le deuxième effet l'emporte sur le premier, la substance sera diamagnétique, ainsi que cela était admis.

Les lignes de force magnétique ne sont dans cette hypothèse que l'axe des tourbillons de même ordre dans l'éther non condensé.

Si l'on se laisse guider par l'imagination, en observant que la stabilité, la permanence des phénomènes paraît s'accroître avec l'ordre du tourbillon que l'on considère, rien ne nous empêche de concevoir des tourbillons de troisième et de $n^e$ ordre, et d'attribuer l'attraction newtonienne à une manifestation de cette espèce; et plus généralement, tous les phénomènes attractifs ou



Photogr. IV.



Photogr. VI.

Photogr. VII.

répulsifs quelconques seraient la conséquence de l'existence de tourbillons d'ordres déterminés.

Nous voyons ainsi s'agrandir la conception de Descartes, reprise par M. Zenger, en se plaçant au point de vue de l'expérience, et le mécanisme de l'univers se résumer en trois mots : vibrations, girations, projections.

Institut de physique de l'Université de Liége,
le 12 septembre 1899.

---

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour prendre connaissance des listes présentées par les sections pour les candidatures aux places vacantes.

---

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Beneden* (*Éd. Van*). Recherches sur les premiers stades du développement du Murin (Vespertilio murinus). Iéna, 1899; extr. in-8° (30 p.).

*Renard* (*A.-F.*) et *Stöber* (*F.*). Notions de minéralogie, fasc. 1er : Propriétés géométriques, physiques et chimiques des minéraux, avec 398 figures intercalées dans le texte. Gand, 1900; in-8° (189 p.).

*Vanlair* (*C.*). La main des bêtes. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (34).

*Vanhove* (*D.*). Description cristallographique du quartz de Nil-Saint-Vincent. Bruxelles, 1898; extr. in-8° (20 p., 1 pl.).

*Somzée* (*Léon de*) et *Somzée* (*Cosme de*). Étude sur les moyens de prévenir les collisions en mer. État actuel de la question; août 1899. Paris, 1899; in-8° (39 p., fig.).

*De Wildeman* (*Ém.*). Prodrome de la flore algologique des Indes néerlandaises. Supplément et tableaux statistiques. Batavia, 1899; in-8° (277 p.).

*Van den Bossche* (*Léon*) et *De Wildeman* (*Ém.*). Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans la collection de M. Van den Bossche, ministre résident, sénateur à Tirlemont, avec descriptions et annotations, tome I, fascicule 1. Bruxelles, 1899; in-8°.

*Archives de biologie*, publiées par Éd. Van Beneden et Charles Van Bambeke; tome XVI, 1 et 2, 1899.

LIÈGE. *Société royale des sciences*. Mémoires, 3e série, tome I, 1899.

*État Indépendant du Congo*. Annales du Musée du Congo. Botanique, série II. Contribution à la Flore du Congo, par Ém. De Wildeman et Th. Durand, tome I, 1, 1899; in-4°.

—

## ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

*Jensen* (*Chr.*). Beiträge zur Photometrie des Himmels. Kiel, 1898; in-8° (106 p.).

*Kerntler* (*Franz*). Die Unität des absoluten Maass-Systems in Bezug auf magnetische und elektrische Grössen. Budapest, 1899; in-8° (46 p.).

*Brühl* (*Jul. Wilh.*). Roscoe-Schorlemmer's ausführliches Lehrbuch der Chemie, Band VII, Brunswick, 1899; in-8°.

*Gradmann* (*Robert*). Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb mit Berücksichtigung der angrenzenden Gebiete Süd-

Deutschlands, Band I und II. Tubingue, 1898 ; 2 vol. pet. in-8°.

*Sixta* (*V.*). Vergleichend-osteologische Bemerkung über den Schuttergürtel des Ornithorhynchus paradoxus und der Eidechse Uromastix spinifer. Leipzig, 1899; extr. in-8° (7 p.).

BERLIN. *Association géodésique internationale.* Comptes rendus des séances de la 12e conférence générale (3-12 octobre 1898). In-4°.

— Rapport sur les triangulations (gal Ferrero). In-4°.

GRATZ. *Naturwissenschaftlicher Verein.* Mittheilungen, 1898.

ERLANGEN. *Physikalisch-medicinische Societät.* Sitzungsberichte, 1898.

VIENNE. *K. Universitäts-Sternwarte.* Annalen, XIII. Band, 1898; in-4°.

STRASBOURG. *Kaiserl. Universitäts-Sternwarte.* Annalen, Band II. 1899; in-4°.

HALLE. *Verein für Erdkunde.* Mittheilungen, 1899.

HANAU. *Gesellschaft für Naturkunde.* Bericht, 1895-1899.

VIENNE. *Verein naturwissenschaftlicher Kenntnisse.* Schriften, Band 39, 1898-1899.

CARLSRUHE. *Grossherz. Technische Hochschule.* Festschrift zur Erweihung der Neubauten, 1899. In-4°.

— Das elektrotechnische Institut (E. Arnold). 1899; in-4°.

HAMBOURG. *Sternwarte.* Mittheilungen, nos 1-5, 1895-1898. In-4°.

IÉNA. *Medizinisch-naturwiss. Gesellschaft.* Namen- und Sachregister zu den Bänden 1-30 nebst den entsprechenden Supplementheften, den Sitzungsberichten für die Jahren 1878-1886, sowie den Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität Jena, Band I und II (Fritz Römer). 1899.

THORN. *Verein für Wissenschaft und Kunst.* Mittheilungen, 12. Heft. 1899; in-4°.

PRAGUE. *Académie des sciences de l'Empereur François-Joseph Ier.* Bulletin international, sciences mathématiques et naturelles, V. — Médecine, V. 1898.

MUNICH. *Kön. Akademie der Wissenschaften.* Gedächtnissrede auf Philipp-Ludwig von Seidel, 27. März 1897 (Ferdinand Lindemann).

— Rede am 15. März 1898 : Ueber Studium und Auffassung der Anpassungserscheinungen bei Pflanzen (Karl Goebel).

— Monumenta Tridentia. Beiträge zur Geschichte des Concils von Trient. Heft I-V. 1884-1899; in-4°.

—

AMÉRIQUE.

SAINT-PAUL. *Museu Paulista.* Revista, vol. III. 1898.

RIO-DE-JANEIRO. *Observatorio.* Annuario, 1899.

SAINT-LOUIS. *Botanical Garden.* 10th annual report, 1898.

ALBANY. *New York State Museum,* 49th annual report, 1895; in-4°.

—

FRANCE.

*Alhaiza* (*Ad.*). Cosmogonie dualiste. Montreuil-sous-Bois, 1899; in-16 (16 p.).

PARIS. *Comité international des poids et mesures.* Procès-verbaux, 1899.

—

GRANDE-BRETAGNE, IRLANDE ET COLONIES.

*Kirk* (*Thomas*). The students' flora of New Zealand and the outlying Islands. Wellington, 1899; in-8° (408 p.).

DUBLIN. *Observatory*. Observations and researches, part VIII. 1899; in-4°.

ADELAÏDE. *Observatory*. Meteorological observations for 1896. In-4°.

LONDRES. *Royal Society*. Philosophical transactions, vol. 190 and 191. 1898; 2 vol. in-4°.

—

ITALIE.

*Legge* (*A. di*) e *Prosperi* (*A.*). Sul diametro solare. Rome, 1899; in-4° (20 p.).

NAPLES. *Zoologische Station*. Jahresbericht, 1898.

—

PAYS-BAS.

HARLEM. *Société des sciences*. OEuvres de Christiaan Huygens, t. VIII. 1899; in-4°.

UTRECHT. *Gasthuis voor ooglijders*. Verslagen en bijlagen, n° 40, 1899.

BOIS-LE-DUC. *Genootschap van kunsten en wetenschappen*, 'S Hertogenbosch, van 1629 tot 1798. Historische studiën door J.-C.-A. Hezenmans. 1899.

—

PAYS DIVERS.

*Gautier* (*R.*). Résumé météorologique pour Genève et le Grand-Saint-Bernard, 1897 et 1898. Genève, 1898.

*Petersen* (*Johannes*). Nouveau principe pour études de géométrie des droites. Copenhague, 1898; extr. in-8° (61 p.).

*Klossovsky* (*A.*). Vie physique de notre planète devant les

lumières de la science contemporaine. Odessa, 1899; in-8° (41 p.).

*Wolfer* (*A.*). Astronomische Mittheilungen, nr 90. Zurich, 1899. In-8°.

HELSINGFORS. *Société de géographie de Finlande.* Fennia, 17. — Atlas de Finlande, 1899. In-folio.

DORPAT. *Naturforscher-Gesellschaft.* Sitzungsberichte, Band XII, 1898.

STOCKHOLM. *Kongl. Vetenskaps-Akademien.* Handlingar, Bandet 31. 1898-99; in-4°.

TRONDHJEM. *Kongel. norscke videnskabers Selskab.* Skrifter, 1898.

MADRID. *Observatorio.* Observaciones meteorologicas, 1896-1897. — Resumen 1895 y 1896.

MANILLE. *Observatorio.* Las nubes en el archipiélagio Filipino. 1899; in-4°.

ATHÈNES. *Observatoire national.* Annales, t. Ier. 1898; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 11.

*Séance du 4 novembre 1899.*

M. Ch. Lagrange, vice-directeur, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. le baron Edm. de Selys Longchamps, Éd. Dupont, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Vander Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, Leo Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* A. Jorissen, Julien Fraipont, P. Francotte, Fr. Deruyts et Ch.-J. de la Vallée Poussin, *correspondants.*

M. Spring, *directeur, président de l'Académie,* motive par écrit son absence.

## CORRESPONDANCE.

—

La Société américaine de géographie à New-York annonce la mort de son président, Charles P. Daly, ex Chief Justice, L. L. D., décédé le 19 septembre, à l'âge de 85 ans.

— Les condoléances de l'Académie seront exprimées à cette Institution.

— M. le Ministre de l'Agriculture envoie pour la bibliothèque de l'Académie un exemplaire de l'ouvrage : *Service des agronomes de l'État. Monographie agricole de la région de la Campine.*

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Une leçon élémentaire sur le darwinisme;* par L. Errera;

2° *Le Dr Ernest Candèze;* par Julien Fraipont;

3° *Kunstformen der Natur*, 3. Lieferung; par Ernest Haeckel, associé;

4° *Quelques mots encore au sujet de l'incident Dupont-Van den Broeck :* L'évolution et le phénomène de la migration. Le différend porté devant l'Académie des sciences de Belgique et le rapport de M. le professeur Éd. Van Beneden sur la réclamation de priorité de M. E. Van den Broeck. Exposé fait à la séance du 2 juillet 1899 de la Société royale malacologique de Belgique; par Ernest Van den Broeck;

5° *Note sur la topographie des organes abdominaux et sur les dispositions du péritoine;* par A. Swaen;

6° *Étude sur les premières phases du développement des organes dérivés du mésoblaste chez les Poissons téléostéens;* par A. Swaen et A. Brachet;

7° *Utilisation des tourbes belges;* par Petermann;

8° *Anatomie du système nerveux de l'homme;* par A. Van Gehuchten, 3e édition (présenté par M. Van Bambeke, avec une note qui figure ci-après);

9° *Les ancêtres des Marsupiaux étaient-ils arboricoles?* par Louis Dollo.

M. Émile Laurent, professeur à l'Institut agricole de l'État à Gembloux, fait également hommage d'un certain nombre de brochures scientifiques.

— Remerciements.

---

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe, au nom de M. le professeur Van Gehuchten, le premier volume de la troisième édition de son *Anatomie du système nerveux de l'homme.*

L'éloge du livre de M. Van Gehuchten n'est plus à faire. Quand parut la première édition, il y a six ans à peine, un juge très compétent, le professeur Mathias Duval, parlant, dans la préface de son *Précis d'histologie,* des nouvelles doctrines neurologiques, s'exprimait comme suit : « Le volume de Van Gehuchten sur le système nerveux me paraît à cet égard un chef-d'œuvre didactique; c'est de lui que je me suis inspiré. »

La nouvelle édition de l'*Anatomie du système nerveux* est digne, à tous égards, de ses aînées; comme dans celles-ci, l'auteur, toujours au courant des progrès réalisés en neurologie, expose et discute les travaux — et combien nombreux ne sont-ils pas? — qui ont vu le jour depuis 1897, date de l'apparition de la deuxième édition de son livre.

Après avoir énuméré, dans sa préface, quelques-unes des principales modifications qui font véritablement de cette troisième édition un livre nouveau, le professeur Van Gehuchten a pu ajouter :

« Toutes ces questions nouvelles sont appuyées sur des recherches entreprises seul ou avec la collaboration de nos élèves. » CH. VAN BAMBEKE.

---

## JUGEMENT DU CONCOURS ANNUEL (1899).

Il est donné lecture des rapports de MM. F. Plateau, Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke sur le mémoire présenté en réponse à la deuxième question du programme du concours pour l'année 1899 *(sciences naturelles)* :

*On demande des recherches anatomiques et systématiques sur les insectes du groupe des Apterygota* (Thysanura *et* Collembola).

Ce mémoire ainsi que les rapports resteront déposés sur le Bureau, à la disposition des membres, jusqu'à la séance du 16 décembre, dans laquelle aura lieu le prononcé du jugement.

---

## RAPPORTS.

—

Sur l'avis de M. Renard, le *Bulletin* renfermera un rapport préliminaire de M. Henryk Arctowski sur les *Recherches océanographiques de l'*EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE.

— Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Jorissen et Spring sur une note de M. M.-C. Schuyten : *Contribution à nos connaissances du chimisme stomacal.* — Renvoi à l'auteur afin qu'il satisfasse aux remarques des commissaires avant que la Classe ne se prononce sur ce travail;

2° De MM. Fraipont et Malaise sur une note de M. Ern. Doudou : *Station néolithique de Seraing.* — Restitution à l'auteur de son manuscrit, lequel trouverait plus utilement sa place dans une Revue spéciale.

—

*Sur un nouveau type cupri-chrome ammonique;*
par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

*Rapport de M. A. Jorissen, premier commissaire.*

« Gerhardt a préparé un chromate double de potassium et de cuivre, en faisant réagir l'hydrate potassique sur le sulfate cuivrique en présence de dichromate potas-

sique, ou en traitant l'hydrate cuivrique, récemment précipité, par une solution de dichromate potassique. Le sel double se présente sous l'aspect d'une poudre cristalline brun clair et décomposable par l'eau.

En remplaçant, dans la première réaction, l'hydrate potassique par l'ammoniaque, M. Schuyten a recueilli une poudre brune amorphe et il a obtenu la même substance en dissolvant l'hydrate cuivrique dans l'ammoniaque, puis en soumettant la solution privée de l'excès de cette base à l'action du dichromate potassique.

L'auteur a analysé les produits qui se forment dans ces conditions et il en décrit les propriétés; il leur assigne la formule $3CuCrO^4 . 3NH^3 . 5H^2O$ et représente graphiquement la structure moléculaire qu'il croit pouvoir leur attribuer.

Comme il s'agit ici de produits amorphes et dont on ne peut déterminer directement la richesse en eau, cette conclusion dépasse, à notre avis, la portée des résultats fournis par l'expérience et nous en laissons la responsabilité à M. Schuyten.

Quant à la partie descriptive du travail, elle renferme des observations intéressantes et nous proposons de publier cette note dans le *Bulletin* de la séance. »

Cette proposition, à laquelle se rallie M. Spring, second commissaire, est adoptée par la Classe.

—

*Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous;* par Ad. Vandenberghe.

*Rapport de W. W. Spring, premier commissaire.*

« Lorsque l'on détermine les poids moléculaires de certains corps par les méthodes dites de *cryoscopie* et d'*ébullioscopie*, on obtient souvent des résultats s'éloignant plus ou moins du poids vrai. On a cru trouver la raison de ces écarts tantôt dans une *ionisation* des corps dissous, tantôt dans une *complication* de leurs molécules. M. Vandenberghe s'est proposé de vérifier « si la for- » mation ou le dédoublement de ces groupements molé- » culaires sont soumis aux lois de la dissociation ». Il a étudié, jusqu'à présent, le *dédoublement* des corps dissous, et, à la suite de nombreuses déterminations, exécutées dans les conditions les plus variées, il conclut qu'il existe véritablement une corrélation entre la *température* et le *degré de dissociation*. Il se propose d'étendre encore ses investigations à l'*association* moléculaire dans un prochain travail.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette étude dans le *Bulletin* de la séance. »

Cette proposition, à laquelle se rallie M. Henry, second commissaire, est adoptée par la Classe.

—

**Contribution a l'étude des acides bibasiques substitués.** — *Transformation d'un chlorure d'acide en anhydride, sous l'influence des halogènes;* par le Dr A.-J.-J. Vandevelde.

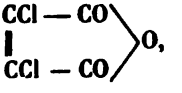
*Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.*

« M. Vandevelde avait constaté déjà que si l'on fait réagir le brome sur le chlorure de chlorofumaryle, il ne se formait pas, comme on aurait pu le penser, un *bromochlorure acide*, mais bien un *anhydride simple halogéné*. Dans ce travail, inséré dans notre *Bulletin* (t. XXIX, p. 609; 1895), l'auteur annonçait son intention de poursuivre cette réaction et de rechercher pourquoi elle dévie; il nous fait connaître aujourd'hui le résultat de ses investigations.

Il a constaté d'abord que la formation d'un anhydride substitué et non saturé, au lieu d'un chlorure acide halogéné, est un fait général. Cette constatation a eu lieu au moyen des chlorures de *succinyle*, *d'acétyle*, *de citraconyle*, *de mésaconyle* et de *chlorofumaryle*, qui ont fourni chacun, hormis le chlorure d'acétyle, un *anhydride* quand ils ont été traités par le brome en présence du fer.

L'auteur a traité ensuite, d'une manière approfondie, le *chlorure de chlorofumaryle* par le *chlore*, en présence du fer, et non plus par le brome, pour simplifier les conditions.

Il a obtenu de l'*anhydride bichloromaléique*



ainsi qu'une substance huileuse de laquelle il a pu extraire un corps répondant à la formule $C_4Cl_4O_2$. Il a donc la composition du chlorure acide de l'acide bichloromaléique

$$\begin{array}{l} CCl - COCl \\ \| \\ CCl - COCl, \end{array}$$

mais il n'en partage pas les propriétés. Comme ce corps se produit aussi par l'action du pentachlorure de phosphore sur l'anhydride *bichloromaléique*, l'auteur le regarde comme ayant la *structure phtalique* suivante :

$$\left.\begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \\ CCl - CO \end{array}\right\rangle O,$$

d'autant plus qu'il peut être converti en anhydride bichloromaléique par l'action de la potasse.

M. Vandevelde s'explique alors la formation de l'*anhydride*, sous l'influence du chlore, par une modification intermoléculaire que subirait le chlorure acide primitif :

$$\begin{array}{l} CCl - COCl \\ \| \\ CCl - COCl \end{array} \quad \text{devenant} \quad \left.\begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \\ CCl - CO \end{array}\right\rangle O.$$

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette intéressante note dans le *Bulletin* de la séance. »

Cette proposition, à laquelle se rallie M. Henry, second commissaire, est adoptée par la Classe.

## COMMUNICATIONS ET LECTURES.

---

*Rapport préliminaire sur les recherches océanographiques de l'expédition antarctique belge;* par Henryk Arctowski, membre de l'expédition.

L'expédition antarctique belge était bien outillée pour les recherches océanographiques.

Nous avions à bord une machine à sonder de Thibaudier, construite par Le Blanc, à Paris; du fil d'acier pour sonder en quantité suffisante; des sondes de Brook et trois sondes pareilles à celles qu'utilise le prince de Monaco; puis des thermomètres à renversement de Negretti et Zambra, de Londres, et de la maison Chabaud, à Paris; les curseurs de Rung; trois bouteilles de Sigsbee pour puiser des échantillons d'eau en profondeur; deux densimètres de Buchanan; des échelles de Forel et d'Uhle pour la comparaison de la couleur de l'eau de mer, et enfin un petit laboratoire de physique parfaitement aménagé.

Mais, il faut le remarquer, l'expédition antarctique belge était une expédition polaire, notre bateau était très petit et l'équipage fort restreint; de par ce fait, il a fallu renoncer aux recherches en mer profonde dans l'Atlantique. Aussi, depuis Madère jusqu'aux canaux de la Terre de Feu, nous n'avons pu nous occuper que des eaux de surface. La température a été prise d'heure en heure; le

poids spécifique de l'eau trois fois par jour, de même que sa couleur.

Les recherches océanographiques n'ont donc été poursuivies que dans la région antarctique, c'est-à-dire à partir de l'île des États; et tout ce qui a été fait dès lors, dans le sud du cap Horn et dans la région glaciale de l'Océan Pacifique, est absolument neuf, car on ne connaissait encore rien sur les eaux de ces parages.

La ligne des sondages effectués en allant du nord au sud, de l'île des États à l'archipel des South-Shetland, nous fournit une coupe de ce grand « Canal antarctique » qui sépare l'extrémité méridionale de l'Amérique du Sud des Terres Australes. Notre troisième sondage (par 55°51′ S et 63°19′ de longitude W) a donné une profondeur de 4040 mètres pour un point relativement très proche de la côte.

L'île des États est le dernier tronçon des Andes, dont la direction générale a changé, car cette chaîne forme une courbe à son extrémité. Or il est très intéressant de remarquer qu'ici — de même que sur la côte du Chili — la pente sous-marine est abrupte et le plateau continental fort étroit. Mais ce plateau existe au sud de l'île des États, notre premier sondage le démontre (profondeur 296 mètres, par 54°51′ S et 63°37′ W).

Les sondages 4, 5, 6, 7 et 8 montrent que le fond de la mer se relève très doucement vers le sud, mais devant les Shetland il y a de nouveau une forte pente.

Pour nous rendre compte de la distribution des températures dans cette cuvette, je reproduis ci-après les chiffres obtenus aux stations 4, 5 et 6.

Station n° 4. Dimanche 16 janvier 1898.

Latitude : 56°49′ S

Longitude : 64°30′ W.

Profondeur sondée = 3855 mètres.

| Prof. | Temp. | Prof. | Temp. |
|---|---|---|---|
| 0 = | 7°,8 C. | 250 = | 5°,4 C. |
| 25 | 6°,9 | 300 | 4°,4 |
| 50 | 6°,2 | 500 | 3°,8 |
| 75 | 6°,0 | 1850 | 2°,2 |
| 100 | 5°,4 | 2850 | 1°,9 |
| 150 | 6°,5 | 3850 | 1°,2 |
| 200 | 6°,3 | | |

Station n° 5. Mardi 18 janvier 1898.

Latitude : 59°58′ S.

Longitude : 63°12′ W.

Profondeur sondée = 3800 mètres.

| Prof. | Temp. | Prof. | Temp. |
|---|---|---|---|
| 0 = | 3°,1 C. | 200 = | 1°,3 C. |
| 25 | 2°,3 | 250 | 1°,7 |
| 50 | 0°,0 | 300 | 1°,8 |
| 75 + | 0°,2 | 500 | 1°,8 |
| 100 — | 1°,2 | . . . . . | |
| 125 — | 0°,9 | 3785 + | 0°,6 |
| 150 | 0°,0 | | |

Station n° 6. Mercredi 19 janvier 1898.

Latitude : 61°05′ S.

Longitude : 63°04′ W.

Profondeur sondée = 3690 mètres.

| Prof. | Temp. | Prof. | Temp. |
|---|---|---|---|
| 0 | = 3°,2 C. | 300 | = 1°,3 C. |
| 25 | 2°,6 | 400 | 1°,8 |
| 50 | 1°,3 | 500 | 1°,9 |
| 75 | — 1°,0 | 1200 | 1°,9 |
| 100 | — 0°,9 | 1700 | 1°,4 |
| 125 | — 1°,4 | 2700 | 0°,8 |
| 150 | — 0°,9 | 3660 | 0°,6 |
| 250 | + 1°,1 | | |

Les courbes que l'on obtient en représentant ces résultats graphiquement sont fort intéressantes.

De fait, sur la planche I, nous voyons que la courbe du 16 janvier est régulière, sauf près de la surface, où il y a une intercalation d'eaux un peu plus froides; les courbes correspondant aux stations 5 et 6, au contraire, présentent un caractère très notablement différent. Ici nous trouvons une intercalation d'eau glacée et, plus au sud, l'épaisseur de cette langue d'eau froide est plus grande ; puis, vers le bas, la ligne se recourbe et prend l'allure normale du décroissement progressif de la température avec la profondeur.

Les températures au fond, comme on le remarque, sont positives :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Stat. n° 4 : | + 1°,2 C. | (3850 mètres) | à 5 mètres | du fond. |
| — n° 5 : | + 0°,6 | (3785 — ) | à 15 | — |
| — n° 6 : | + 0°,6 | (3660 — ) | à 30 | — |

Remarquons aussi, pour ce qui concerne la couche d'eau froide intercalée, qu'ici nous nous trouvons déjà dans la région des icebergs, et ces montagnes de glace d'eau douce, en se dissolvant dans l'eau de mer, peuvent abaisser la température de celle-ci jusque près de son point de congélation. De la glace à zéro fond dans de l'eau de mer à zéro, en faisant descendre sa température plus ou moins bas suivant que la salinité est plus ou moins grande; c'est ce qui explique pourquoi une partie de la courbe doit être négative.

Les séries de températures prises le 18 et le 19 janvier nous permettent de tracer le diagramme dessiné à côté des courbes; il nous présente schématiquement une coupe nord-sud. C'est la terminaison nord de la langue des eaux glacées. Nous allons voir que plus au sud cette langue s'épaissit et touche à la surface même; quant aux eaux sous-jacentes, elles sont également progressivement plus froides, de sorte que la température moyenne de toute la colonne d'eau diminue quand on se rapproche du pôle.

Je ne puis insister dès à présent sur les salinités, les calculs des déterminations faites n'étant pas encore achevés.

Je passerai donc directement aux travaux effectués dans la région polaire à proprement parler.

Sur notre route vers le sud, ainsi que dans le pack antarctique, nous avons à noter les sondages nos 10 à 58; ils comprennent une surface assez étendue qui est donc connue à présent, au point de vue des relations bathymétriques, d'une façon tout à fait satisfaisante (*).

Le point important est la découverte d'un vaste plateau continental au sud du 70e parallèle, plateau qui se rattache probablement à celui découvert par Ross à l'est de la Terre Victoria. Sur la planche II, nous voyons une coupe du plateau et de la pente vers l'Océan. Cette coupe a été faite suivant le 85e degré de longitude et les courbes dessinées représentent les isothermes de — 1°, 0° et de + 1° C. d'après les mesures des températures aux stations nos 47, 46 (43, 44), 17 et 19. On voit que la couche d'eau froide ayant une température comprise entre —1° et —2° s'épaissit graduellement vers le sud.

La ligne de 0° est également très légèrement inclinée et l'isotherme de +1 l'est davantage; de sorte qu'au delà du 71e parallèle, où le fond sous-marin se relève, les températures au fond sont : +0°,9, +0°,7, +0°,2 C.

Les courbes nous renseignent quelque peu sur les détails de la distribution de la température suivant la profondeur. Prenons les courbes du 23 février, du 2 mars et du 26 septembre 1898. Si nous faisons abstraction des eaux de surface, nous constatons que la température augmente d'abord graduellement avec la profondeur; puis, entre 250 et 400 mètres, l'augmentation est plus

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), no 6, pp. 479-484, 1899.

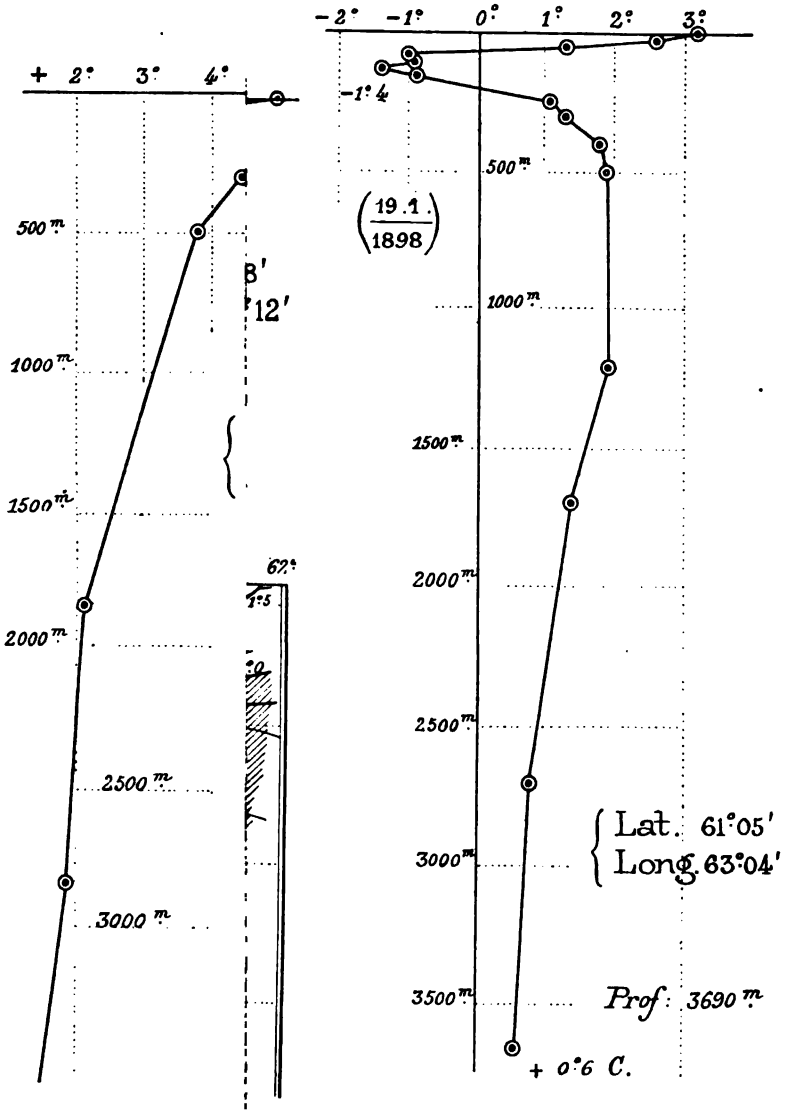
rapide, car la courbe s'infléchit, de sorte que dans la dernière portion, l'augmentation de la température (qui continue encore) devient très lente. Nous remarquons encore que (sur le plateau continental) l'épaisseur des eaux ayant une température inférieure à 0° est plus grande que celle des eaux sous-jacentes ayant une température comprise entre 0° et +1° C.

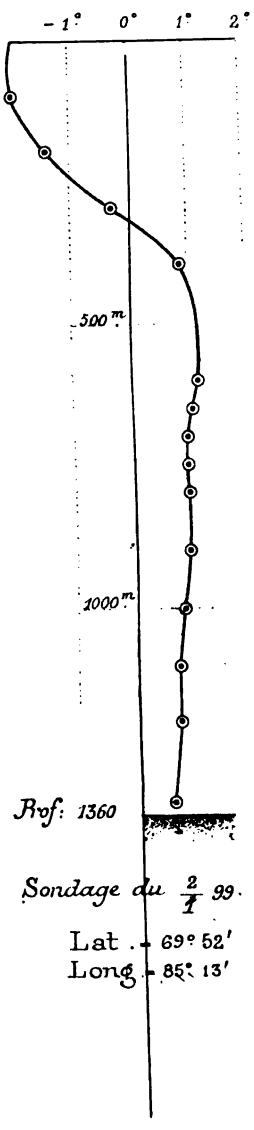
Sur les bords du plateau, où les profondeurs sont plus grandes, les choses se passent quelque peu autrement, car la température diminue à nouveau vers le bas. Les courbes des sondages 49 et 53, qui sont également reproduites sur la planche II, nous le démontrent très clairement, et nous voyons maintenant l'identité de ces courbes, au point de vue de leur forme, avec celles obtenues au nord des Shetland méridionales.

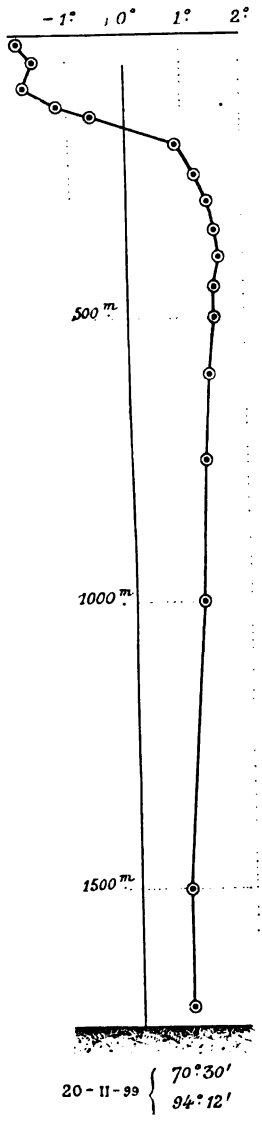
L'étude des poids spécifiques déterminés nous permettra peut-être de discuter la question de l'échange des eaux polaires avec celles des latitudes moins élevées, et l'étude de la dérive du bateau fournira des données très intéressantes sur l'influence des vents sur les mouvements de la banquise; mais pour ce qui concerne les courants de surface, la question est fort délicate; car il est difficile de dire jusqu'à quel point la dérive de la glace entraîne avec elle les eaux sous-jacentes.

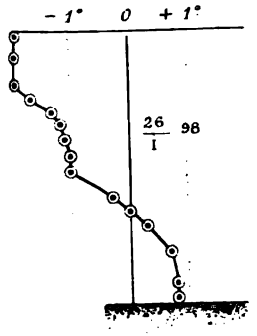
Très souvent nous avons pu constater, lorsque nous dérivions sous l'influence des vents, que la sonde, et surtout les filets, ne descendent pas verticalement; l'entraînement était parfois très fort, c'est-à-dire que la glace se comportait tout comme un bateau ayant son mouvement propre.

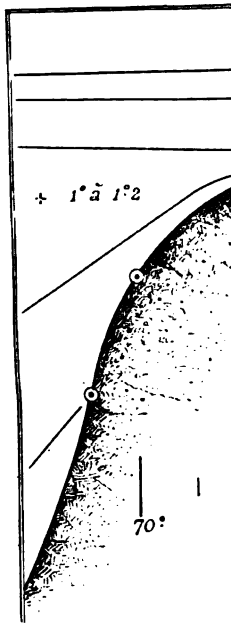
La question des courants dans les régions polaires demande à être étudiée d'une façon encore beaucoup plus critique que ce n'est le cas pour l'océan libre de glaces.


+ 2° 3° 4°
500 m
1000 m
1500 m
2000 m
2500 m
3000 m
B'
12'
67°
1°5
0
− 2° − 1° 0° 1° 2° 3°
− 1° 4
500 m
1000 m
1500 m
2000 m
2500 m
3000 m
3500 m
(19.1. / 1898)
Lat. 61°05'
Long. 63°04'
Prof. 3690 m
+ 0°6 C.


- 1°
0°
1°
2°
500 m
1000 m
Prof: 1360
Sondage du 2/1 99.
Lat. - 69° 52'
Long. - 85° 13'


- 1°
0°
1°
2°
500 m
1000 m
1500 m
20 - II - 99
70° 30'
94° 12'


- 1°
0
+ 1°
26/1 98
70° 21' S.
32° 52' W.


+ 1° à 1°2
70°

La formation de la glace de mer et l'étude de toutes ses transformations rentrent également dans le domaine de l'océanographie.

Je me suis efforcé de recueillir de nouvelles données; pourtant, je constate que dans mes notes il n'y a que bien peu de chose qui puisse être ajouté à la belle monographie de Weyprecht, sur les métamorphoses des glaces.

En résumé, il me semble que je puis dire que les recherches océanographiques de l'expédition antarctique belge ont été fructueuses.

Londres, le 21 septembre 1899.

---

*Sur un nouveau type cupri-chrome-ammonique* (*); par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

J'ai l'honneur de présenter au jugement de l'Académie les résultats de mes recherches sur un nouveau type cupri-chrome-ammonique.

## I.

Dröge (**) a préparé $CuCrO_4.CrO_3.2H_2O$ (bichromate cuivrique) en dissolvant CuO dans une solution aqueuse de $CrO_3$; il obtint des cristaux verts qui par l'ébullition

(*) Communication présentée au troisième Congrès flamand de sciences et de médecine. (24 sept. 1899.)

(**) *Ann. pharm.*, CI, p. 39.

dans l'$H_2O$ se transforment en sel basique $CuCrO_4 . 2CuO . 2H_2O$ étudié par Malaguti et Sarzeau (*). Ces savants ont encore obtenu ce composé en mélangeant les solutions aqueuses de $K_2CrO_4$ et $CuSO_4$; le précipité est couleur chocolat. Böttger (**) l'a préparé aussi avec $CuO + K_2Cr_2O_7$, et dans ce cas il est jaune-brun.

Le chromate basique de cuivre est soluble dans l'$NH_3$ avec une couleur verte; dans certaines circonstances, la solution peut séparer un corps : $2CuCrO_4 . CuO . 10NH_3 . 2H_2O$. Cependant Malaguti et Sarzeau ont pu préparer $2CuCrO_4 . 5NH_3 . 2H_2O$ en faisant passer un courant d'$NH_3$ sur le chromate basique en suspension dans l'eau; cette combinaison est en cristaux prismatiques à base rhombique et vert foncé; elle perd de l'$NH_3$ à l'air et est décomposée par l'$H_2O$ en chromate ammonique et chromate basique de Cu; chauffé dans un tube, le corps dégage $H_2O$ et $NH_3$ en décrépitant fortement. (Ne donne-t-il pas aussi des vapeurs nitreuses dans ces conditions ?)

Enfin si, d'après Gerhardt (***), on verse KOH dans $CuSO_4 + K_2Cr_2O_7$, ou si l'on verse du $K_2Cr_2O_7$ sur $Cu(OH)_2$ fraîchement préparé, on obtient une poudre cristalline brun pâle décomposable par l'$H_2O$; cette poudre est du chromate double de potassium et de cuivre.

---

(*) *Ann. de chim. et de phys.* [3], IX, 431.

(**) *Encycl. Frémy.*

(***) *Journ. de pharm.* [3], XII, p. 57, et Knop, dans *Encycl. Frémy.*

## II.

J'ai fait agir, au lieu de la KOH, $NH_3$ sur un mélange de $CuSO_4$ et $K_2Cr_2O_7$ à froid et j'ai pu séparer une poudre brune ne présentant pas de forme cristalline; le même corps se produit en dissolvant $Cu(OH)_2$ dans $NH_3$ et en traitant cette solution, longtemps exposée à l'air pour éliminer l'excès d'$NH_3$, jusqu'à ce qu'une poudre blanche commence à se déposer, par du $K_2Cr_2O_7$; d'abord le précipité est vert, puis il devient, par transition douce, jaune-brun.

Composition :

$$4CuCrO_4 . 3NH_3 . 5H_2O.$$

Analyses :

| Substance. | CuO. | Cu. | $PbCrO_4$. | Cr. | $NH_3$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. 0gr,5439 | 0gr,1972 | 28.89 °/o | 0gr,8066 | 23.96 °/o | |
| 2. 0gr,3347 | 0gr,1397 | 29.23 °/o | — | — | |
| 3. 0gr,0988 | — | — | — | — | 0,9cm³ $H_2SO_4$ à 49 gr. °/oo = 0gr,0051 $NH_3$ = 5.16 °/o. |
| 4. 0gr,2345 | — | — | — | — | 4cm³ $H_2SO_4$ à 10 gr. °/oo = 0gr,012577 $NH_3$ = 5.91 °/o |

Calculé :

$Cu = 29.57$ °/₀, $Cr = 24.24$ °/₀, $NH_3 = 5.95$ °/₀.

Les numéros 1 et 2 ont été exécutés en traitant le corps par NaOH à l'air libre; l'$NH_3$ se sépare complètement pendant que le Cr se change en chromate et le Cu en CuO; il est bon de faire bouillir de temps en temps jusqu'à transformation complète.

La troisième analyse a été faite par la méthode Will-Varrentrap.

La quatrième, par distillation sur NaOH. Ici il ne se forme que très peu de chromate; le Cr se précipite presque complètement sous forme de $Cr_2O_3$ avec l'CuO; c'est pour cela que je viens d'indiquer qu'il faut traiter le corps par la NaOH à l'air libre.

L'$H_2O$ n'est pas dosable par les méthodes ordinaires.

## III.

La substance ne fond pas.

Quand on la chauffe dans le petit tube, il se dégage $NH_3$ et $H_2O$; les gouttelettes sont colorées en vert et l'on sent l'acide nitrique ou des vapeurs nitreuses, ce qui fait supposer la combustion de l'$NH_3$ et semble indiquer que le corps est un oxydant; à la fin de l'opération, la masse est noir verdâtre.

J'ai jugé intéressant d'examiner un peu de près l'action décomposante de la chaleur. Si on chauffe le corps,

d'abord avec précaution, puis jusqu'au rouge, on constate que :

1° 0gr,7022 de substance perdent successivement :

0gr,1381,

0gr,1391,

0gr,1400,

0gr,1412,

0gr,1412 = 20.10 °/o,

chaque fois après quatre heures de chauffe à la même flamme;

2° 0gr,5008 de substance perdent successivement :

0gr,1073,

0gr,1103,

0gr,1118,

0gr,1133,

0gr,1133 = 22.62 °/o,

chaque fois après six heures de chauffe.

Ce phénomène me conduisait naturellement à admettre qu'une chaleur plus forte, le blanc par exemple, produirait une perte en $NH_3$ et $H_2O$, etc., encore plus grande, ce qui fut confirmé par le résultat suivant :

0gr,1148 = 22.92 °/o,

et ainsi de suite. J'admets qu'on n'obtiendra la constance

de poids qu'après avoir chauffé pendant très longtemps et dans des conditions spéciales de prudence; il est très possible, par exemple, qu'une partie de l'N se combine au Cr ou au Cu pour former un ou des produits indécomposables, ou seulement décomposables difficilement...

Je crois que cette décomposition pourrait être représentée ainsi :

$$4CuCrO_4 . 3NH_3 . 5H_2O = 4CuO + 2Cr_2O_3$$
$$+ \boxed{NH_3 + 8H_2O + N_2 + O_3}$$

Cette égalité paraît assez bien s'accorder avec les faits, mais représente, en pertes par la chaleur, 27.58 % de produits volatils. Je n'obtiens, comme on vient de le voir, que 22.92 %, pour des motifs que je crois avoir expliqués.

## IV.

Le corps est assez soluble dans l'HCl; la solution est jaune; si l'on y fait passer un courant d'$H_2S$, on obtient un précipité noir-gris qui se dissout en vert par HCl et $HNO_3$, au bain-marie; après filtration, $(NH_4)_2S$ donne un précipité vert-gris [$Cr(OH)_3$?]. La solution chlorhydrique, bouillie, après addition d'$C_2H_5OH$, ne dégage pas l'odeur de l'$CH_3.CHO$. L'$CH_3CO_2H$ fort possède un pouvoir dissolvant lent; mais aussitôt qu'on ajoute de l'$H_2O$, le liquide se colore en jaune et par la chaleur la dissolution est promptement complète. L'addition de KOH donne un précipité vert floconneux qui devient noir-brun dans la chaleur (CuO?); le liquide est jaune ($K_2CrO_4$?).

$NH_3$ est un bon dissolvant; la solution est verte [bleu (Cu) + jaune (Cr)].

Les dissolvants neutres examinés [$C_2H_5OH$, $(C_2H_5)_2:O$, $CHCl_3$, $CS_2$, $C_6H_6$, $C_6H_5.CH_3$] semblent n'avoir aucune action.

$AgNO_3$, versé sur le composé en poudre, dissout celui-ci complètement, et la solution, faiblement jaune pâle, est presque incolore; l'ébullition chasse un peu d'$NH_3$.

Chauffé avec la KOH, en présence de l'$PbO_2$, la substance ne colore pas le liquide en jaune, en même temps que l'$CH_3.CO_2H$ ne donne rien dans la solution filtrée, du moins pas de précipitation de $PbCrO_4$; celui-ci ne s'est donc pas produit, et l'on peut se demander comment les propriétés oxydantes de $PbO_2$ ont été annihilées.

$K_4FeCy_6$ ne donne rien; mais dans la chaleur, le liquide devient jaune et le lendemain il a déposé un corps rouge ($Cu_2FeCy_6$?).

$Pb(C_2H_3O_2)_2$ : rien.

## V.

Dans la représentation de la structure moléculaire des types métallo-ammoniques, on a souvent l'habitude de séparer le métal du reste acide (*) :

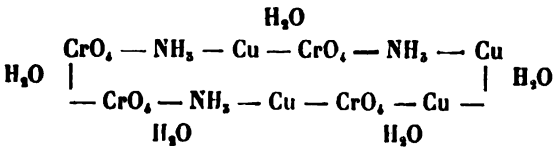
$$SO_4\left\langle\begin{matrix}NH_3\\NH_3\end{matrix}\right\rangle Cu.$$

(*) Voir, par exemple, RICHTER-KLINGER, *Anorganische Chemie*, 1898.

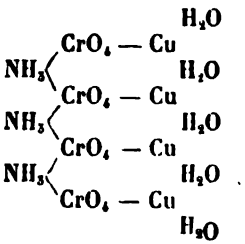
Ce procédé me semble conforme aux faits. D'où je crois pouvoir représenter la structure de

$$4CuCrO_4 . 3NH_3 . 5H_2O$$

comme suit :




ou bien :




formule qui est également à défendre.

Dans les deux cas on a *supposé,* comme toujours, que l'$N^{III}$ est devenu $N^{V}$; puis la détermination du poids moléculaire n'étant pas possible, le contrôle, nécessaire à l'établissement de n'importe quelle formule, manque ici comme dans le plus grand nombre de cas; enfin, indiquer comment les molécules d'$H_2O$ sont fixées au Cr ou au Cu, etc..., reste encore toujours impossible.

Anvers, juillet 1899. Laboratoire privé.

—

*Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous* (première communication); par Ad. Vandenberghe, préparateur à l'Université de Gand.

## Introduction.

Van 't Hoff a démontré que les corps dissous obéissent aux lois des gaz. La loi d'Avogadro trouve chaque jour son application dans la détermination des poids moléculaires, soit par cryoscopie, soit par ébullioscopie.

Les résultats obtenus par ces deux procédés s'écartent quelquefois du nombre théorique; c'est le cas notamment pour les substances ionisées dissoutes dans un corps du type de l'eau. Parfois les poids moléculaires trouvés sont trop petits par suite d'un dédoublement de la molécule en deux molécules plus simples; tel est le cas pour la quinhydrone se dédoublant en quinone et hydroquinone. D'autres fois des molécules semblent s'associer et les poids moléculaires trouvés sont trop forts. C'est généralement le cas lorsque l'une des substances est du type de l'eau.

Je me suis demandé si la formation ou le dédoublement de ces groupements moléculaires complexes ne sont pas soumis aux lois de la dissociation dans le sens indiqué par Sainte-Claire-Deville.

Jusqu'ici, aucune recherche systématique dirigée dans ce sens n'a été entreprise.

Biltz appelle, de la manière suivante, l'attention sur le phénomène de dissociation :

« Il importe de bien distinguer la dissociation électrolytique d'avec un autre phénomène de dédoublement, mais qui néanmoins exerce une influence analogue dans les déterminations des grandeurs moléculaires. Je veux parler du dédoublement que subissent certaines combinaisons chimiques résultant de la juxtaposition de deux substances qui ne sont que faiblement unies. Telles sont les quinhydrones, qui se dissolvent en se dédoublant et en perdant en même temps leur coloration intense. Tels sont encore les picrates des hydrocarbures. Tel est l'hydrate de chloral dont la solution acétique donne des nombres beaucoup trop faibles pour la formule

$$CCl_3 - CH(OH)_2,$$

évidemment parce qu'il est en partie dédoublé en chloral et en eau. En solution aqueuse, il ne montre pas ce dédoublement parce que la présence d'une quantité notable de l'un des produits de décomposition vient entraver la dissociation (*). »

---

(*) « Von der elektrolytischen Dissociation ist ein anderer Teilungsvorgang den gewisse Substanzen in Lösung erleiden, wohl zu unterscheiden, obgleich er der elektrolytischen Dissociation in seinen Einfluss auf die gefundene Molekulgrösse sehr ähnlich ist. Es ist dies die Spaltung die gewisse chemische Verbindungen die durch lockere Zusammenlagerung zweier Substanzen entstanden sind, erleiden. So zerfält Chinhydrone in Lösung unter verschwinden der intensiven Farbung (1). Hierher gehoren ferner die pikrinsaure Verbindungen der Kohlenwasserstoffe. Auch das Chloralhydrat (2) ist hier zu rechnen

(1) Biltris a démontré depuis que la quinhydrone en solution dans l'éther se dédouble complètement en quinone et hydroquinone. (*Bull. de l'Acad. roy. des sciences de Belgique*, 3e sér, t. XXXV, p. 44.)

(2) Beckmann, *Zeitschrift f. phys. Ch.*, 2, 724.

Comme il est facile de le constater, l'auteur ne fait qu'effleurer la question. Au surplus, l'exemple de l'hydrate de chloral ne me semble pas heureusement choisi. Beckmann a déterminé cryoscopiquement le poids moléculaire de l'hydrate de chloral M = 165 dans le benzol, l'acide acétique et l'eau.

Voici les résultats obtenus par ce savant :

| Benzol. | | Acide acétique. | | Eau. | |
|---|---|---|---|---|---|
| % | M | % | M | % | M |
| 0.37 | 181 | 0.266 | 109 | 1.076 | 151 |
| 0.74 | 184 | 1.179 | 120 | 2.834 | 160 |
| » | » | 2.4 | 126 | 4.8 | 160 |
| » | » | 4.9 | 132 | 6.5 | 161 |
| » | » | 8.5 | 139 | 11.6 | 161 |
| » | » | 11.2 | 142 | 16.3 | 162 |
| » | » | 15.4 | 146 | 26.8 | 161 |
| » | » | 19.2 | 148 | 35.1 | 159 |
| » | » | 25.42 | 151 | 44.8 | 158 |
| » | » | » | » | 51.6 | 160 |

dass in Eisessiglösun gerheblich geringere Werthe zeigt als der Formel $CCl_3 — CH(OH)_2$ zukommen, offenbar deswegen weil es zum Teil in Chloral und Wasser zerspalten ist. In wässerige Lösung zeigt es dienen Zerfall nicht weil durch die reichliche Menge des einen der möglichen Spaltungsprodukte die Dissociation zurückdrängt wird. » (*Praxis der Molekulargewichtbestimmungen*, p. 96.)

Les résultats obtenus pour le benzol ne prêtent guère à discussion, étant donnée la faible solubilité de l'hydrate de chloral. Toutefois les poids moléculaires obtenus indiquent plutôt une association moléculaire.

Les poids moléculaires obtenus dans l'acide acétique semblent indiquer une dissociation ; mais les résultats trop faibles peuvent tout aussi bien s'expliquer en admettant que l'acide acétique glacial attaque la substance dissoute pour accaparer l'eau, ce qui augmenterait le nombre de molécules dissoutes et abaisserait la valeur de M.

Pour Biltz, la dissociation de l'hydrate de chloral dans l'eau est nulle, parce qu'on opère au sein de l'un des produits de la dissociation. Pour moi, la décomposition est nulle, parce qu'à cette température il n'y a aucune dissociation. En effet, si l'hydrate de chloral subissait un commencement de dissociation dans l'eau et dans l'acide acétique froids, il faudrait que celle-ci fût encore plus prononcée à la température d'ébullition de l'éther et de l'acétone. Il résulte, au contraire, de déterminations ébullioscopiques que j'ai faites dans ces deux dissolvants, qu'il ne se manifeste aucune dissociation.

HYDRATE DE CHLORAL M = 165.

| Dissolvant : Éther 35°C. | | Acétone 55°C. | |
|---|---|---|---|
| % | m | % | m |
| Grammes. | | Grammes. | |
| 1.2 | 169 | 4 | 167 |
| 3.7 | 159 | 7 | 162 |
| 7.7 | 153 | 13.2 | 153 |

% : concentration pour 100 grammes de dissolvant.

*m* : poids moléculaire trouvé.

J'ai également dissous l'hydrate de chloral dans la benzophénone, dont le point de fusion est à 48°C., et aucun trouble ne s'est produit dans la solution : preuve certaine que toute l'eau est restée combinée au chloral.

J'aurai l'occasion plus tard de reprendre cette étude.

Dans l'étude systématique de la dissociation des substances dissoutes que j'ai entreprise, j'aborderai successivement :

1° La dissociation dans les associations moléculaires. Ex. : l'acide benzoïque dans le benzol et dans les dissolvants analogues; la naphtaline dans les alcools.

2° La dissociation des substances polymérisées. Ex. : la polyaldéhyde œnanthique.

3° La dissociation des molécules additionnelles. Ex. : le picrate de naphtaline.

4° La dissociation des substances unimoléculaires pouvant se dédoubler en plusieurs molécules.

Dans chacune de ces études, je rechercherai :

1° L'influence de la concentration ;

2° L'influence de la température en opérant au sein de dissolvants à point d'ébullition ou à point de fusion de plus en plus élevé ;

3° L'influence de l'intervention d'un corps inactif ;

4° L'influence de la présence d'un excès de l'un des produits du dédoublement.

## I. — *Le phénomène de dissociation dans les associations moléculaires.*

Chaque fois que l'on détermine le poids moléculaire d'un corps du type de l'eau au sein d'un dissolvant que j'appellerai neutre, tel que benzol, chloroforme, etc., les poids moléculaires trouvés sont trop élevés. Il en est de même quand on opère sur une substance neutre, telle qu'un hydrocarbure, dissoute dans un dissolvant du type $H_2O$.

Les chiffres obtenus par Beckmann (*) pour l'acide benzoïque (M = 122) dissous dans le benzol vont de 210 à 250 pour des concentrations de 2.9 à 10.73 %. Suivant Beckmann et d'autres chimistes, les molécules associables auraient une tendance à former des groupements bimoléculaires : ceux-ci seraient fortement dissociés en solution étendue.

Nernst (**) a démontré que le dédoublement de ces molécules complexes est en fonction de la concentration, et que l'influence de celle-ci est donnée par la formule

$$k = c\,\frac{y^2}{1-y}.$$

D'autre part, on sait que tous les dissolvants n'ont pas le même pouvoir associant, et l'on est en droit de se demander si cette différence n'est pas due à des différences correspondantes dans leur point d'ébullition ou de fusion et, dans l'affirmative, si l'influence de la température est en rapport avec la loi de dissociation.

Biltz, dans ses recherches dont j'ai parlé plus haut, a

---

(*) Beckmann, *Zeitschrift für phys. Chemie*, Bd VI, p. 438.
(**) Nernst, *ibid.*, Bd VIII.

déterminé cryoscopiquement le poids moléculaire de l'acide benzoïque dans le benzol (point de fusion 8° C.), dans la naphtaline (point de fusion 80° C.) et dans l'azobenzol (point de fusion 68° C.). Les courbes obtenues, représentant les variations des grandeurs moléculaires en fonction de l'abaissement du point de congélation, sont comparables à celles que l'on obtiendrait en se servant de la méthode des densités de vapeurs (fig. 1 d'après Biltz).

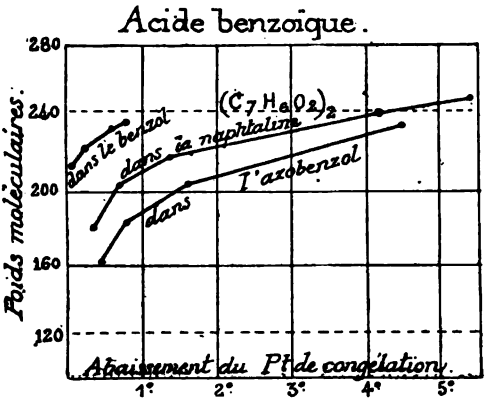



FIG. 1.

Théoriquement, la courbe de l'azobenzol ou de la naphtaline n'est pas à sa place, puisque à 68° C. les molécules doubles d'acide benzoïque seraient moins associées, par conséquent plus dissociées qu'à 80° C.

Biltz fournit un autre exemple, plus heureux, en comparant les résultats obtenus par cryoscopie et par ébullioscopie avec l'acide benzoïque dans le benzol (fig. 2 d'après Biltz).

Dans les nombreux travaux de Beckmann (*) et de Beck-

(*) BECKMANN, *Zeitschrift für phys. Chemie*, Bd VI, p. 437.

mann, Fuchs et Gernhardt (*), j'ai trouvé une série de résultats qui permettent d'étudier l'influence de la température sur le phénomène de l'association moléculaire.

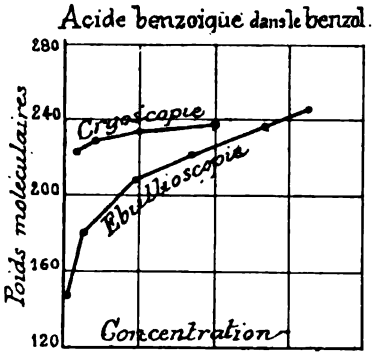



FIG. 2.

Dans les figures 3 et 4, j'ai représenté graphiquement les résultats obtenus par ces savants pour l'acide benzoïque et l'acétanilide.

Pour les dissolvants : benzol, chloroforme et sulfure de carbone, j'ai pris les poids moléculaires fournis par Beckmann; pour les autres dissolvants, j'ai calculé les données expérimentales obtenues par Gernhardt, et en employant les constantes moléculaires :

40.85 pour l'iodure de méthyle;

32.31 pour le chlorure d'éthylidène;

31.17 pour le chlorure d'éthylène (fig. 3 et 4).

Les concentrations auxquelles on arrive dans les déterminations cryoscopiques ou ébullioscopiques sont le plus

(*) BECKMANN, FUCHS et GERNHARDT, *Zeitschrift für phys. Chemie*, Bd XVIII, p. 473.

souvent arbitraires et se prêtent mal à des comparaisons. Pour rendre les résultats comparables, il convient de les rapporter à une unité commune. J'ai cru y arriver en

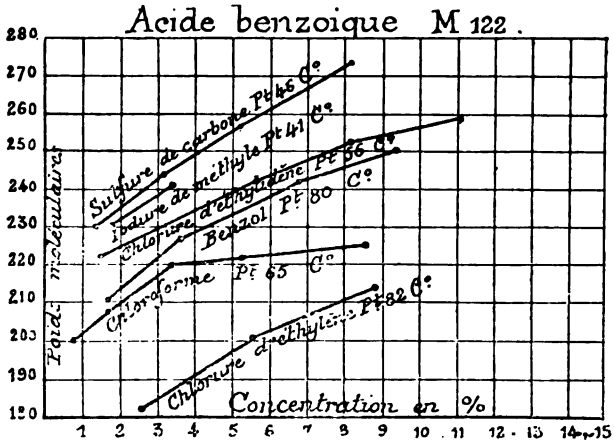



FIG. 3.

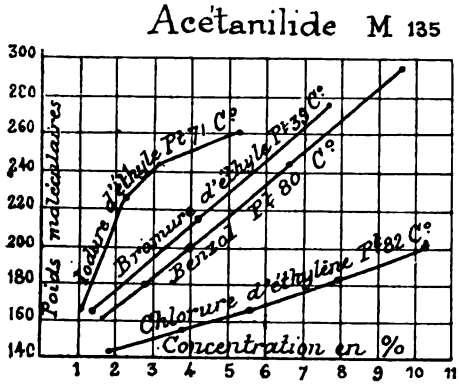



FIG. 4.

calculant quelles seraient les concentrations si on les ramenait à 1 litre de solution. J'ai donc pris les densités des liqueurs étudiées, à leur point d'ébullition, et j'en ai

déduit la concentration en grammes pour 1 litre de liqueur. Connaissant ce nombre de grammes, il suffit de le diviser par $^{2M}/_{100}$ pour avoir le nombre de centièmes de molécules doubles contenu dans 1 litre de solution. En faisant ces calculs, j'ai obtenu les tableaux suivants :

°/₀ : concentration pour 100 grammes de dissolvant.

D : densité de la solution ou du dissolvant au point d'ébullition.

°/₀₀ : concentration pour 1 litre de solution.

*m* : poids moléculaire trouvé.

$\frac{2M}{100}$ : concentration en centièmes de molécule-gramme double pour 1 litre.

*d* : nombre de molécules dissociées.

ACIDE BENZOÏQUE M 122.

| °/₀ | D | °/₀₀ | *m* | $\frac{2M}{100}$ | *d* |
|---|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : chloroforme D : 1.39. | | | | | |
| 0.85 | 1.387 | 11.7 | 199 | 5.2 | 0.7 |
| 1.7 | 1.383 | 23.5 | 208 | 9.6 | 1.7 |
| 3.4 | 1.377 | 45.8 | 219 | 18.8 | 2.1 |
| 5.15 | 1.370 | 67.1 | 220 | 27.5 | 3 |
| 8.61 | 1.356 | 107.5 | 226 | 44.1 | 3.5 |
| Dissolvant : benzol D : 0.805. | | | | | |
| 1.7 | 0.808 | 13.5 | 210 | 5.5 | 0.9 |
| 3.6 | 0.812 | 28.1 | 228 | 11.5 | 0.8 |
| 6.5 | 0.819 | 52.1 | 243 | 21.4 | — |
| 10.7 | 0.806 | 78.2 | 230 | 32.1 | -0.8 |
| Dissolvant : sulfure de carbone D : 1.225. | | | | | |
| 1.5 | 1.224 | 18 | 231 | 7.4 | 0.4 |
| 3.3 | 1.222 | 38.8 | 244 | 15.9 | — |
| 5 | 1.220 | 59.7 | 255 | 24.5 | -1.0 |
| 9 | 1.206 | 100.5 | 273 | 41.2 | -4.3 |

ACÉTANILIDE M 135.

| °/₀ | D | °/₀₀ | $m$ | $\frac{2M}{100}$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : bromure d'éthyle D : 1.42. | | | | | |
| 1.57 | 1.515 | 21.9 | 161 | 8.1 | 5.4 |
| 4.4 | 1.405 | 59.2 | 213.5 | 21.9 | 5.8 |
| 7.4 | 1.396 | 96.2 | 277.5 | 31.9 | -0.8 |
| Dissolvant : benzol D : 0.805. | | | | | |
| 1.5 | 0.811 | 12.8 | 160 | 4.8 | 3.2 |
| 2.8 | 0.813 | 22.8 | 178 | 8.2 | 4.3 |
| 4.2 | 0.818 | 33 | 201 | 12.2 | 4.2 |
| 6.9 | 0.826 | 53.3 | 248 | 19.8 | 1.7 |
| 9.7 | 0.834 | 73.7 | 293 | 27.3 | -2.1 |
| Dissolvant : iodure d'éthyle D : 1.818. | | | | | |
| 1.1 | 1.806 | 19.5 | 160 | 12.2 | 5 |
| 2.2 | 1.787 | 37 7 | 220 | 14 | 2.5 |
| 3.27 | 1.772 | 56.1 | 214 | 20.8 | 2.2 |
| 5.6 | 1.740 | 92 3 | 260 | 34.2 | 1.1 |

Les résultats de ces déterminations sont représentés dans les figures 5 et 6 en fonction de la concentration en

molécules doubles dans 1 litre de solution et du nombre de molécules doubles dissociées.

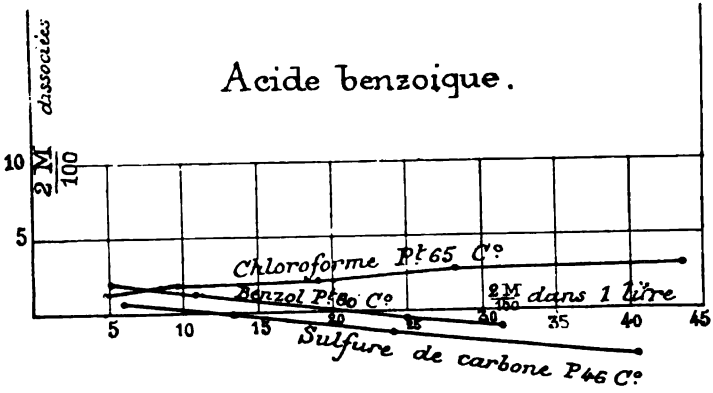



Fig. 5.

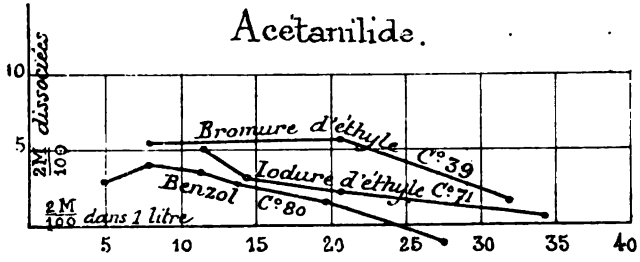



Fig. 6.

Il ressort de l'examen de ces tableaux que la dissociation moléculaire diminue avec la concentration comme le veut la loi de dissociation. Il ne m'a pas été possible de faire la vérification mathématique de cette proposition. Si l'on essaie d'appliquer la formule de dissociation $k = c \frac{y^2}{1-y}$ aux résultats obtenus, on n'arrive à aucune concordance pour les différentes valeurs de $k$. Cela pro-

vient de ce que les méthodes ébullioscopiques et cryoscopiques ne sont pas assez rigoureuses pour permettre une détermination suffisamment exacte de $y$.

En ce qui concerne la température, on ne voit pas qu'il y ait une relation entre l'importance du dédoublement et la hauteur du point d'ébullition des différents dissolvants, comme ce devrait être le cas si aucune cause adjuvante n'intervenait dans le phénomène de dissociation. Nous voyons même dans le cas de l'acétanilide que le degré de dissociation décroît proportionnellement à la température du point d'ébullition du dissolvant. Ces faits nous conduisent à admettre que la nature chimique du dissolvant a une certaine influence sur l'association ou la dissociation moléculaire.

Il m'a paru intéressant de compléter ces recherches en prenant comme dissolvant des substances de même fonction chimique, telles que les alcools primaires et les iodures ou bromures alcooliques pour lesquels nous pouvons admettre que le pouvoir associant est sensiblement le même dans chaque série.

## Nouvelles recherches.

*Étude ébullioscopique de l'association moléculaire de l'acide picrique, de la naphtaline et de l'urée dans les alcools méthylique, éthylique et propylique normal.*

Les trois alcools ont été distillés sur du sodium et les substances à dissoudre ont été purifiées par cristallisation fractionnée.

Je me suis servi de l'appareil de Beckmann modifié tel que je l'ai décrit (*).

---

(*) Vandenberghe, *Chemiker Zeitung*, 1895, p. 878.

Dans les tableaux suivants, $g$ indique la quantité de substance mise en œuvre et $t_1 - t$ l'élévation du point d'ébullition. Pour toutes les autres lettres, voir plus haut.

ACIDE PICRIQUE M 222.

| $g$ | D | ‰ | $t_1 - t$ | $m$ | $\frac{2M}{100}$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : 14gr,6 alcool méthylique D : 0.750. | | | | | | |
| 0.7686 | 0.773 | 38.3 | 0.175 | 264 | 8.6 | 5.9 |
| 1.4706 | 0.794 | 72.2 | 0.338 | 262 | 16.3 | 11.3 |
| 2.3026 | 0.82 | 111 | 0.495 | 280 | 25.0 | 14.6 |
| 3.5636 | 0.854 | 163.7 | 0.72 | 300 | 36.9 | 17 8 |
| Dissolvant : 16gr,3 alcool éthylique D : 0.735. | | | | | | |
| 0.3752 | 0.747 | 19.2 | 0.115 | 230 | 4.23 | 3.7 |
| 1.0465 | 0.767 | 47.4 | 0.395 | 235 | 10.7 | 9.5 |
| 1.767 | 0.791 | 79 | 0.5 | 249 | 17.8 | 13.9 |
| 3.205 | 0.835 | 139 | 0.815 | 276 | 31.2 | 19.2 |
| 4.518 | 0.874 | 190 | 1.04 | 300 | 42.8 | 20.5 |
| Dissolvant : 16gr,75 alcool propylique normal D : 0.735. | | | | | | |
| 0.557 | 0.748 | 24.1 | 0.21 | 208 | 5.4 | 5.7 |
| 0.98 | 0.758 | 41 | 0.385 | 223 | 9.9 | 9.9 |
| 1.527 | 0.771 | 64 | 0.575 | 233 | 14.4 | 13.1 |
| 2.2592 | 0.789 | 93.2 | 0.815 | 242 | 21 | 17.5 |
| 3.945 | 0.828 | 56.1 | 1.24 | 277 | 35.2 | 21.2 |
| 5.156 | 0.858 | 202 | 1.49 | 300 | 45.5 | 21.8 |

## Naphtaline M 128.

| $g$ | D | % | $t_1 - t$ | $m$ | $\frac{2M}{100}$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : 17 grammes alcool méthylique. | | | | | | |
| 0.568 | 0.755 | 33.4 | 0.195 | 151 | 9.15 | 6.4 |
| 0.9964 | 0.761 | 41 | 0.325 | 158 | 15 7 | 10.3 |
| 1599.6 | 0.773 | 65 | 0.505 | 164 | 25.2 | 14.1 |
| 2.3444 | 0.786 | 91.3 | 0.695 | 174 | 35.7 | 16.9 |
| 4.1619 | 0.796 | 126.7 | 0.945 | 187 | 49.5 | 18.2 |
| » | » | 151 | 1.095 | 197 | 55 | 21.3 |
| Dissolvant : 16gr,75 alcool éthylique. | | | | | | |
| 1.0828 | 0.746 | 35 | 0.525 | 141 | 13.3 | 10.8 |
| 2.3028 | 0.759 | 93 | 1 | 158 | 36.4 | 22.5 |
| 3.7008 | 0.773 | 141 | 1.445 | 175 | 55 | 25.6 |
| 4.4818 | 0.779 | 165 | 1.7 | 180 | 64.8 | 26.8 |
| Dissolvant : 17gr,5 alcool propylique $n$. | | | | | | |
| 0.6082 | 0.741 | 24 | 0.385 | 133 | 8.5 | 7.5 |
| 1.3724 | 0.749 | 54 | 0.805 | 143 | 21.1 | 16.6 |
| 2.346 | 0.756 | 90 | 1.27 | 149 | 35.2 | 25.3 |
| 3.006 | 0.762 | 112 | 1.575 | 155 | 43.2 | 28.6 |
| 3.9174 | 0.77 | 141 | 1.955 | 169 | 55.1 | 28.3 |

## Urée M 60.

| $g$ | D | °/oo | $t_1 - t$ | $m$ | $\frac{2M}{100}$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : 16gr,35 alcool méthylique. | | | | | | |
| 0.4224 | 0.759 | 19 | 0.34 | 66.9 | 16.1 | 12.7 |
| 0.012 | 0.77 | 48 | 0.765 | 71.2 | 40 | 27.9 |
| 0.9232 | 0.789 | 82 | 1.35 | 76.9 | 68.4 | 38.3 |
| Dissolvant : 16gr,7 alcool éthylique. | | | | | | |
| 0.233 | 0.739 | 10 | 0.265 | 60.9 | 8.4 | 8.2 |
| 0.6078 | 0.745 | 26 | 0.655 | 64.1 | 21.7 | 19 |
| 1.0402 | 0.754 | 44 | 1.05 | 68.3 | 36.7 | 28.1 |
| 1.455 | 0.761 | 60 | 1.39 | 72.1 | 50 | 33.3 |
| 1.916 | 0.77 | 80 | 1.695 | 77.8 | 66.5 | 36 |
| Dissolvant : 17gr,05 alcool propylique $n$. | | | | | | |
| 0.4 | 0.74 | 17 | 0.595 | 58.4 | 14.1 | 14.8 |
| 1.022 | 0.749 | 43 | 1.39 | 63.4 | 35.8 | 32.1 |
| 1.576 | 0.756 | 64 | 2 | 68 | 53.3 | 40.8 |
| 2.1215 | 0.763 | 78 | 2.51 | 72.8 | 65 | 42 |

En utilisant ces données, j'ai pu établir des courbes de dissociation des molécules doubles en fonction de la concentration en $\frac{2M}{100}$ par litre de solution (fig. 7, 8 et 9).

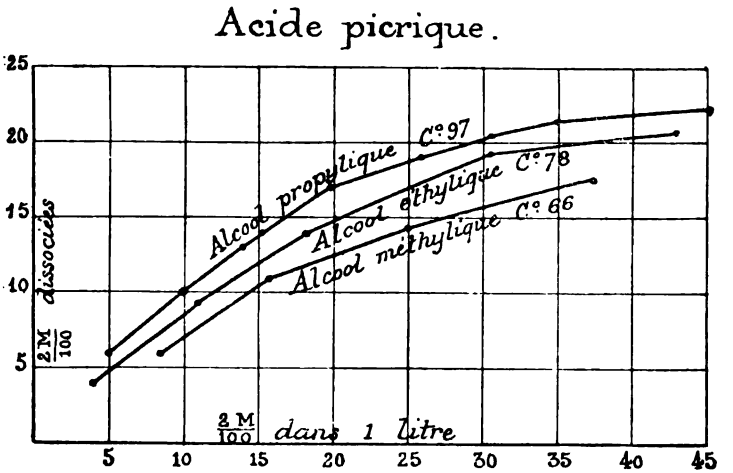



FIG. 7.

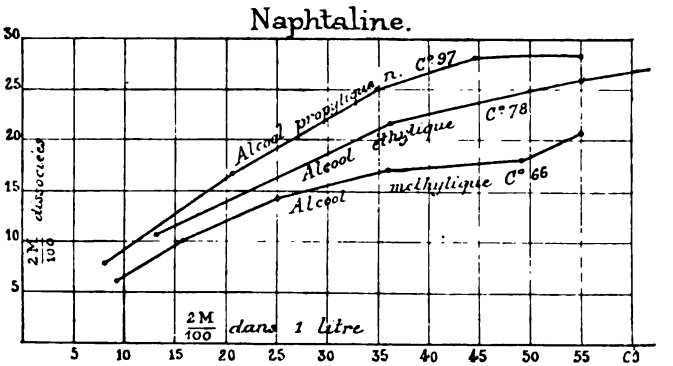



FIG. 8.

Nous voyons donc que pour les alcools méthylique, éthylique et propylique, la différence entre leur pouvoir associant ou leur pouvoir dissociant est en rapport avec

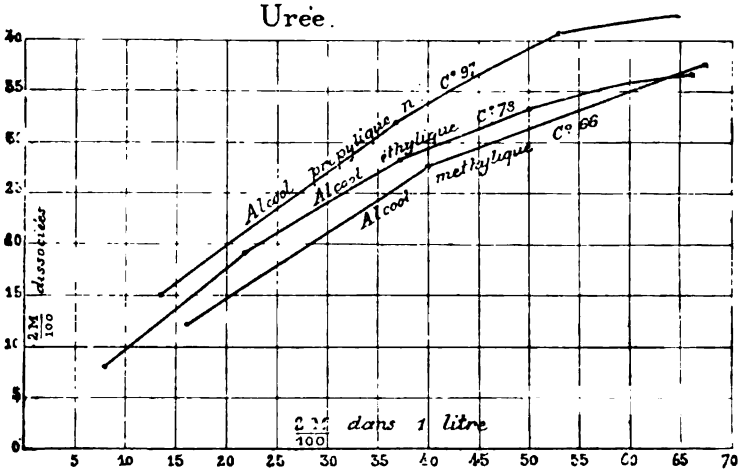



Fig. 9.

la hauteur de leur point d'ébullition. La température interviendrait donc ici comme un agent de dédoublement et nous nous trouverions devant un phénomène de dissociation.

Je venais de terminer ces recherches lorsqu'un travail analogue a été publié par Smith (*) dans sa dissertation inaugurale.

Smith a entrepris une série de recherches cryosco-

(*) Smith, *Kryoskopische Untersuchungen*. Inaugural Diss. Heidelberg, 1898.

piques afin de vérifier si les écarts de poids moléculaires donnés par l'expérience répondaient aux lois de la dissociation.

Dans l'étude sur l'influence de la concentration, il cherche à appliquer, mais sans succès, la formule $k = c \frac{y^2}{1 - y}$.

J'ai indiqué plus haut pour quel motif je ne crois pas pouvoir me servir de cette formule.

Dans son étude sur l'influence de la température sur le phénomène de l'association moléculaire, il donne les écarts en °/₀ des poids moléculaires théoriques pour des concentrations en $\frac{4 \text{ mol.}}{100}$ grammes dans une molécule-gramme de dissolvant et obtient les résultats suivants :

| Dissolvant. | Point de fusion. | Substances dissoutes. | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Nitrophénol. | p Oxybenzoate de méthyle. | p Oxybenzaldéhyde. |
| Nitrobenzol . . . . . | 6 | » | 61 | 73 |
| p Nitrotoluol. . . . . | 52 | » | 25 | 39 |
| p Dichlorbenzol. . . . | 53 | 114 | 166 | 307 |
| Dinitrotoluol. . . . . | 70 | » | 15 | 23 |
| Trinitrotoluol . . . . | 79 | » | 14 | 32 |
| Naphtaline . . . . . | 80 | 21 | 46 | 68 |
| p Chlornitrotoluol . . . | 83 | » | 17 | 56 |
| p Dichrombenzol . . . | 87 | 57 | 63 | 125 |
| m Dinitrobenzol . . . | 91 | » | 5 | 19 |
| Benzile. . . . . | 94 | 1 | 7 | 13 |

Smith, en partant de ces résultats, rejette l'hypothèse qu'il y ait une relation entre la hauteur du point de fusion du dissolvant et le degré de dissociation. Je ne crois pas devoir admettre cette conclusion.

En effet, en jetant un regard sur le tableau donné par Smith, on remarque immédiatement que pour les dérivés nitrés cette relation existe ; de même pour le dichlorbenzol et le dibrombenzol.

J'ai refait les calculs pour le nitrobenzol, le nitrotoluol, le dinitrobenzol et le dinitrotoluol en opérant sur les concentrations par litre de solution et en supposant que la densité de la solution soit sensiblement la même que celle du dissolvant.

J'ai écarté les autres dissolvants parce que leur constitution trop différente des nitrodérivés doit entraîner une différence considérable du pouvoir associant spécifique.

p. Oxybenzoate de méthyle M 152.

| % | ‰ | $m$ | $\frac{2M}{100}$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : nitrobenzol. Point de fusion : 6. D : 1.18. | | | | |
| 0.78 | 9.1 | 175 | 3.3 | 1.9 |
| 1.804 | 20.9 | 193 | 7.2 | 3.6 |
| Dissolvant : nitrotoluol. Point de fusion : 52. D : 1.16. | | | | |
| 0.901 | 10.4 | 164 | 3.4 | 2.9 |
| 2.857 | 32,5 | 180 | 10.7 | 7.3 |
| 5.413 | 60.1 | 196 | 20.2 | 10.6 |
| 7.870 | 84.6 | 211 | 27.8 | 12.2 |

p. Oxybenzoate de méthyle M 152 (suite).

| % | ‰ | m | $\frac{2M}{100}$ | d |
|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : dinitrotoluol. Point de fusion : 70. D : 1.32. | | | | |
| 0.898 | 11.8 | 162 | 3.8 | 3.3 |
| 2.684 | 34.5 | 179 | 11.3 | 8.9 |
| 5.717 | 71.7 | 195 | 23.6 | 13.1 |
| 6.468 | 80 | 200 | 26.3 | 13.7 |
| Dissolvant : dinitrobenzol. Point de fusion : 91. D : 1.37. | | | | |
| 1.019 | 13.8 | 146 | 4.5 | 5.5 |
| 3.046 | 40 | 158 | 13.1 | 12.2 |
| 6.175 | 80 | 177 | 26.3 | 23.7 |

p. Oxybenzaldéhyde M. 112.

| % | ‰ | m | $\frac{2M}{100}$ | d |
|---|---|---|---|---|
| Dissolvant : nitrobenzol. | | | | |
| 0.627 | 7.4 | 147 | 3 | 2 |
| 1.425 | 16.6 | 167 | 6.8 | 3,2 |
| 2.166 | 25.2 | 177 | 10.3 | 3.9 |
| Dissolvant : nitrotoluol. | | | | |
| 0.953 | 11 | 143 | 4.1 | 3.6 |
| 2.969 | 32.7 | 165 | 13.4 | 6.4 |
| 5.785 | 63.5 | 187 | 26 | 8 |
| 8.011 | 88.5 | 203 | 36.3 | 7.7 |

p. Oxybenzaldéhyde M 112 (suite).

| % | % | m | $\frac{2M}{100}$ | d |
|---|---|---|---|---|
| | | Dissolvant : dinitrotoluol. | | |
| 0.925 | 12.2 | 138 | 5 | 4.4 |
| 2.869 | 37.3 | 152 | 15.3 | 9.2 |
| 5.834 | 72.5 | 175 | 29.7 | 11.2 |
| 7.634 | 83.3 | 186 | 34.2 | 9 |
| | | Dissolvant : dinitrobenzol. | | |
| 0.993 | 13.4 | 133 | 5.5 | 4.5 |
| 2.962 | 39.4 | 146 | 16.1 | 11.6 |
| 5.791 | 75.2 | 162 | 30.9 | 15.5 |

Ces résultats sont représentés graphiquement dans les figures 10 et 11.

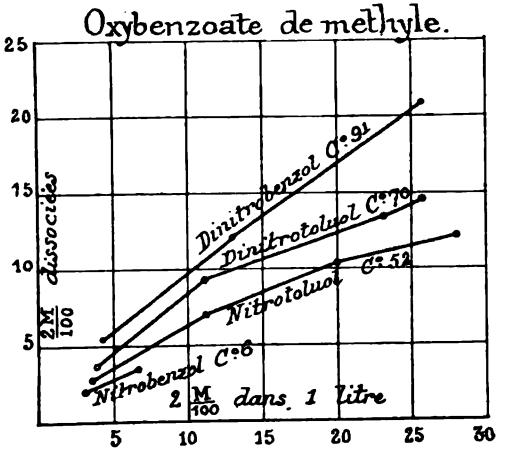



Fig. 10.

Encore une fois ici, si nous nous adressons à des corps de même constitution, nous constatons que la dissociation des molécules complexes est d'autant plus avancée que la température à laquelle on détermine le poids moléculaire est plus élevée.

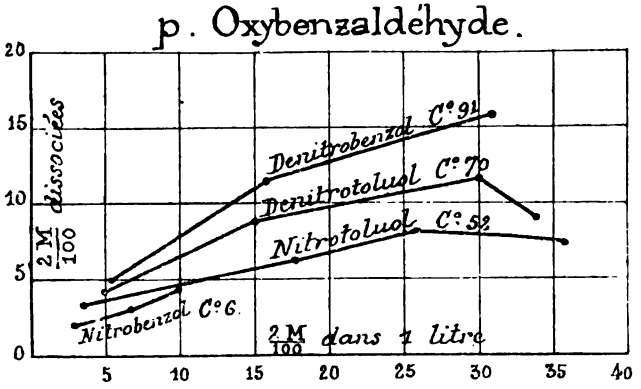



FIG. 11.

Loin donc de ne voir, comme Smith, aucune espèce de relation entre la température et la dissociation des agrégats moléculaires, je trouve, au contraire, si l'on élimine dans la mesure du possible les influences dues au pouvoir associant spécifique de chaque dissolvant, qu'il existe une corrélation évidente entre la température et le degré de dissociation.

Dans un prochain travail, j'étudierai l'association moléculaire dans les bromures alcooliques ainsi que le pouvoir associant en présence simultanée d'un corps associable et d'une substance non associable.

Laboratoire de chimie générale de l'Université
de Gand. Le 13 octobre 1899.

—

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES ACIDES BIBASIQUES SUBSTITUÉS. — *Transformation d'un chlorure acide en anhydride sous l'influence des halogènes;* par le Dr A.-J.-J. Vandevelde, assistant à l'Université de Gand.

Dans un travail antérieur que l'Académie a publié dans son *Bulletin* (*), j'ai annoncé qu'il se produit un anhydride d'acide bibasique substitué quand on chauffe le chlorure acide correspondant avec du brome en présence de fer ou de chlorure ferrique. J'ai repris cette année ce travail interrompu par d'autres travaux, et dans la présente note j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie le résultat de mes nouvelles recherches.

Dans la réaction que j'ai décrite en 1895, j'ai fait remarquer qu'à côté de l'anhydride chlorobromomaléique obtenu par l'action du brome et du fer sur le chlorure de chlorofumaryle, il se produit une huile insoluble dans l'eau et soluble dans les dissolvants organiques. La connaissance approfondie de cette huile, qu'alors je n'étais pas parvenu à identifier, devait apparemment me servir à expliquer la réaction.

A plusieurs reprises, j'ai fait agir le brome sur le chlorure de chlorofumaryle en présence du fer afin d'obtenir de nouvelles quantités de ce produit inconnu, mais je ne

(*) A.-J.-J. VANDEVELDE, *Contribution à l'étude des acides bibasiques substitués. — Anhydride chlorobromomaléique.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXIX, n° 5, pp. 609-622, 1895.)

suis jamais parvenu à en obtenir suffisamment pour pouvoir rectifier dans de bonnes conditions et arriver à des dosages satisfaisants.

J'ai cherché alors à résoudre la question en employant d'autres chlorures acides de la série grasse sur lesquels j'ai fait agir le brome et le chlore; j'ai successivement étudié à ce point de vue les chlorures de succinyle, d'acétyle, de citraconyle, de mésaconyle et de chlorofumaryle. Toutes ces réactions m'ont montré que la formation d'un anhydride substitué et non saturé est générale, mais ce n'est que par l'action du chlore sur le chlorure de chlorofumaryle que je suis parvenu à identifier l'huile insoluble qui se forme en même temps.

### Action du brome et du fer sur le chlorure de succinyle.

Dans un appareil à reflux avec jointure à l'émeri, on introduit une molécule de chlorure de succinyle et trois molécules de brome sec, 50 grammes de chlorure et 155 grammes de brome, en présence de quelques fragments de fil de fer bien décapés, d'après l'équation possible :

$$\begin{array}{l} CH_2 - COCl \\ | \\ CH_2 - COCl \end{array} + 3Br_2 = \begin{array}{l} CBr - COCl \\ \| \\ CBr - COCl \end{array} + 4HBr.$$

On chauffe au bain de glycérine vers 100° durant soixante-douze heures, en ayant soin d'empêcher toute entrée d'humidité au moyen d'un tube en U renfermant de l'acide sulfurique concentré. Il ne tarde pas à se dégager en abondance de l'acide bromhydrique.

Au bout du temps indiqué, le contenu du ballon où se trouvent les produits mis en réaction, s'est solidifié en une résine compacte noire et la partie supérieure du ballon est tapissée d'un sublimé blanc cristallin, soluble dans l'éther et le chloroforme, fusible à 112° et distillant vers 225°. Ce sublimé se dissout dans l'eau sans dégager de l'acide chlorhydrique.

Le sublimé cristallin est constitué par l'anhydride bibromomaléique identique à celui que Hill (*) a obtenu par l'action du brome sur l'acide mucobromique; il a été identifié par les analyses suivantes :

a) *Dosage des halogènes par la chaux :*

0gr,2799 de substance donnent 0gr,4079 AgBr,
d'où Br = 0gr,1756, soit 62.58 °/.

Calculé pour $\begin{matrix} CBr - CO \\ \| \\ CBr - CO \end{matrix} > O$ (256) Br = 62.46 °/.

b) *Dosage volumétrique :*

0gr,4244 de substance, après dissolution dans l'eau, sont neutralisés par 52cc,9 de soude décime-normale.

Calculé pour $C_4Br_2O_3 + 2NaOH$ : 53 centimètres cubes de soude décime-normale.

c) *Analyse du sel de baryum :*

Le bibromomaléate de baryum a été préparé en traitant la solution aqueuse de l'anhydride par du carbonate de

(*) H.-B. Hill, *Ueber die Mucobromsäure.* (Ber. deut. chem. Ges., 13, p. 736, 1880.)

baryum pur. Après filtration, il se produit par addition d'alcool fort au liquide filtré un précipité abondant de paillettes brillantes; ces dernières sont recueillies sur un filtre, lavées à l'alcool à 80° et desséchées d'abord dans le vide, puis dans l'étuve à 100° jusqu'à poids constant.

Le dosage du baryum a été fait par l'action de l'acide sulfurique sur un poids connu du sel contenu dans un creuset de platine :

$0^{gr},6186$ de substance donnent $0^{gr},3539$ $BaSO_4$,
d'où $Ba = 0^{gr},2081$, soit 33.64 °/₀.

Calculé pour $\begin{matrix} CBr - CO_2 \\ \| \\ CBr - CO_2 \end{matrix} > Ba$ (409) $Ba = 33.49$ °/₀.

La résinification rapide du chlorure de succinyle sous l'influence du brome ne m'a pas permis de retrouver les produits accessoires de la réaction.

### Action du brome et du fer sur le chlorure d'acétyle.

On sait que le brome en agissant sur le chlorure d'acétyle donne naissance à des dérivés substitués de l'acide acétique. Je me suis demandé néanmoins si cette réaction habituelle n'était pas accompagnée de la formation d'un dérivé d'acide bibasique d'après l'équation :

$$\begin{matrix} CH_3 - COCl \\ CH_3 - COCl \end{matrix} + 4Br_2 = \begin{matrix} CBr - COCl \\ \| \\ CBr - COCl \end{matrix} + 6HBr.$$

Dans les mêmes conditions que dans l'opération précédente, on fait agir d'après l'équation ci-dessus des quan-

tités proportionnelles à deux molécules de chlorure acide, soit 78gr,5, et à quatre molécules de brome sec, soit 320 grammes, en présence de quelques fragments de fil de fer.

La simple introduction du brome produit une réaction violente avec un fort dégagement d'acide bromhydrique; après avoir chauffé quelques jours vers 100°, la masse se résinifie totalement sans produire aucun sublimé. Le chlorure d'acétyle ne donne donc pas dans ces conditions du chlorure de succinyle par enlèvement de deux atomes d'hydrogène, et ne peut servir à préparer de l'anhydride bibromomaléique.

### Action du brome et du fer sur les chlorures acides des acides citraconique et mésaconique.

Les chlorures de citraconyle et de mésaconyle ont été préparés par W. Petri (*) en faisant agir le pentachlorure de phosphore respectivement sur l'anhydride citraconique et sur l'acide mésaconique. Les deux chlorures obtenus présentent le même point d'ébullition, notamment 80° sous 17 millimètres de mercure; aussi constituent-ils, d'après Petri, un seul et même produit.

J'ai fait agir le brome et le fer sur chacun des deux chlorures séparément dans les proportions de 40 grammes de chlorure de citraconyle et 40 grammes de brome sec, et de 18 grammes de chlorure de mésaconyle et 18 grammes de brome sec.

---

(*) W. Petri, *Beiträge zur Kenntniss der Itaconsäure, Mesaconsäure und Citraconsäure.* (Ber. deut. chem. Ges., 14, p. 1634, 1881.)

Au bout de vingt-quatre heures, dans les deux cas, on constate que la masse est résinifiée et qu'il s'est produit un sublimé blanc, soluble dans l'eau et dans les dissolvants organiques, fondant à 98°; les analyses suivantes prouvent de plus que, dans les deux cas, il se produit de l'anhydride bromocitraconique décrit par Kékulé (*) :

a) *Dosage des halogènes par la chaux, dans l'anhydride provenant du chlorure de citraconyle.*

0gr,2722 de substance donnent 0gr,2701 AgBr,

d'où Br = 0gr,1149, soit 42.21 °/₀.

Calculé pour $\begin{matrix} C(CH_3) - CO \\ \| \\ CBr - CO \end{matrix} > O$ (191) Br = 41.88 °/₀.

b) *Analyse du sel de baryum du même produit.*

Le bromocitraconate de baryum a été préparé d'après les indications données plus haut au sujet du bibromomaléate de baryum. Le dosage du baryum a été fait en traitant le sel dans un creuset de platine par de l'acide sulfurique concentré :

0gr,6186 de substance donnent 0gr,4228 de $BaSO_4$,

d'où Ba = 0gr,2486, soit 40.18 °/₀.

Calculé pour $\begin{matrix} C(CH_3) - CO_2 \\ \| \\ CBr - CO_2 \end{matrix} > Ba$ (344) Ba = 39.82 °/₀.

---

(*) Kékulé, *Untersuchungen über organische Säuren. — V. Citraconsäure, mesaconsäure und citraconsäure Anhydrid.* (Lieb. Ann., Suppl., 2, p. 94, 1862-1863.)

c) *Dosage volumétrique de l'anhydride obtenu aux dépens du chlorure de mésaconyle.*

Cet anhydride a été obtenu en petites quantités, en raison de la faible proportion des produits mis en œuvre. Aussi n'ai-je pu faire qu'une détermination volumétrique qui a absorbé la presque totalité de la substance :

0gr,3381 de substance, après dissolution dans l'eau, sont neutralisés par 35cc,6 de soude décime-normale.

Calculé pour $C_8H_5O_3Br + 2NaOH$ : 35cc,6 de soude décime-normale.

### Action du brome ou du chlore respectivement sur un bromure ou un chlorure acide.

J'ai reconnu, au cours des essais auxquels je me suis livré pour reconnaître la nature de l'huile insoluble obtenue dans l'action du brome et du fer sur le chlorure de chlorofumaryle, que cette huile renfermait à la fois du chlore et du brome. La présence simultanée de deux halogènes m'a paru s'opposer à la purification facile des produits accessoires de la réaction; aussi ai-je cherché à faire agir le brome sur un bromure acide, ou bien le chlore sur un chlorure acide; mais je n'ai pu avoir recours qu'à la seconde de ces réactions, en raison de l'impossibilité de préparer les bromures acides que je désirais mettre en œuvre.

Au cours des tentatives que j'ai faites pour obtenir un bromure acide, j'ai rencontré quelques faits intéressants que je ne crois pas inutile de signaler.

On peut en théorie préparer un bromure acide en faisant agir sur l'acide le pentabromure de phosphore ou

le chlorobromure de phosphore. La littérature ne mentionne nulle part l'existence du bromure de succinyle; j'ai essayé de préparer ce produit en faisant agir sur 50 grammes d'acide succinique desséché et pulvérulent une quantité calculée, soit 365 grammes de pentabromure de phosphore. Quand le dégagement d'acide bromhydrique a cessé, on soumet le mélange à la distillation fractionnée dans un vide de 70 millimètres de mercure; on ne peut parvenir à distiller à la pression atmosphérique, car il se produit une forte décomposition.

Tout le liquide passe entre 105 et 125°, et, à la fin de la distillation seulement, le thermomètre monte à 135°; le distillat cristallise par refroidissement. Les différentes portions recueillies de 5 en 5 degrés renferment toutes une substance organique et de l'oxybromure de phosphore; en effet, il se produit une forte carbonisation par calcination sur la lame de platine et une précipitation abondante par le molybdate d'ammonium dans le liquide obtenu en dissolvant les bromures acides dans l'eau.

Il ne paraît donc pas possible de séparer le bromure de succinyle vraisemblablement obtenu d'avec l'oxybromure de phosphore qui l'accompagne. Les points d'ébullition de ces deux substances semblent fort rapprochés : l'oxybromure de phosphore bout à 193°, et comme les composés bromés ont généralement un point d'ébullition supérieur de 15 à 30 degrés aux composés chlorés correspondants, ainsi qu'il résulte notamment des travaux de M. Henry, le point d'ébullition du bromure de succinyle devrait dépasser de 15 à 30 degrés la température de 190°, point d'ébullition du chlorure, et être par conséquent de 205 à 220°. Cette faible différence, ainsi que l'entraînement facile des chlorures et des bromures acides l'un

par l'autre, sont certainement la cause de l'insuccès qu'on rencontre dans la préparation du bromure de succinyle.

D'autre part, des essais de précipitation fractionnée au moyen de ligroïne ou de benzol, comme on le fait d'ailleurs pour préparer du chlorure de succinyle, ont montré que le mélange du bromure de succinyle et d'oxybromure de phosphore est uniformément soluble dans ces dissolvants.

L'action du chlorobromure de phosphore sur l'acide succinique ainsi que sur l'acide tartrique conduit, non pas à des bromures acides, mais à des chlorures acides.

Quand on fait agir le chlorobromure de phosphore sur l'acide succinique en quantités calculées, soit 50 grammes d'acide, 117 grammes de trichlorure de phosphore et 135 grammes de brome sec, il se produit, après une vive réaction, un liquide rouge, aussi longtemps que le ballon où s'accomplit la réaction est chaud, mais qui devient à peu près incolore et dépose de nombreux cristaux jaunes lorsque la température s'abaisse.

Quand on distille une portion de la masse, on s'aperçoit de suite qu'il passe du brome et de l'oxychlorure de phosphore vers 100-110°. Les cristaux jaunes qui se séparent par refroidissement, se dissolvent à chaud dans le produit brut de la réaction en abandonnant du brome, et sont constitués, comme on le démontrera plus loin, par du pentabromure de phosphore. Avant de réagir, le chlorobromure de phosphore se transforme donc en pentachlorure de phosphore et pentabromure de phosphore, d'après l'équation

$$5PCl_3Br_2 = 2PBr_5 + 3PCl_5.$$

Le pentachlorure de phosphore attaque l'acide en don-

nant de l'oxychlorure de phosphore et un chlorure acide; on verra d'ailleurs plus loin qu'on obtient aux dépens de l'acide succinique et de l'acide tartrique respectivement le chlorure de succinyle et le chlorure de chlorofumaryle.

On peut facilement recueillir les cristaux de pentabromure de phosphore formés et les purifier par cristallisation dans le benzol absolument sec; à chaud, le dissolvant est coloré en rouge par le brome provenant de la dissociation; à froid, les cristaux jaunes réapparaissent et le dissolvant reprend son aspect primitif.

L'analyse suivante a servi à identifier le pentabromure de phosphore : dans un ballon fermé dont le fond est recouvert d'eau distillée, on laisse entrer en déliquescence le produit contenu dans un petit tube placé de manière que son ouverture soit au-dessus du niveau de l'eau. Au bout de vingt-quatre heures, les cristaux ont disparu et le tube peut être renversé sous l'eau, sans crainte de réaction vive.

L'acide phosphorique provenant de la décomposition est alors dosé sous forme de sel de magnésium :

$1^{gr},6420$ de substance donnent $0^{gr},4287$ $Mg_2P_2O_7$,
d'où $P = 0^{gr},1194$, soit 7.26 °/₀.
Calculé pour $PBr_5$ (431) $P = 7.19$ °/₀.

Le liquide duquel se séparent les cristaux de pentabromure de phosphore renferme encore du pentabromure dissous dont on peut se débarrasser d'après le procédé indiqué par Balard (*) : on chauffe le ballon au bain-

(*) Voir *Dictionnaire de chimie de Würtz*, t. II, p. 960.

marie, c'est-à-dire vers 100°, en faisant passer dans le liquide un courant lent d'anhydride carbonique. Ce gaz entraîne tout le brome, et il ne reste ainsi que du tribromure de phosphore. Après ce traitement, le liquide est incolore, même à chaud, et le refroidissement ne provoque plus de cristallisation.

La distillation fractionnée indique les produits suivants : l'oxychlorure de phosphore bouillant à 110°, le tribromure de phosphore bouillant à 175° et le chlorure de succinyle bouillant à 190°. Toutefois, il n'est guère possible d'obtenir un chlorure de succinyle tout à fait exempt de tribromure de phosphore. En traitant par l'alcool le chlorure brut, on obtient du succinate d'éthyle, qu'on peut débarrasser des acides phosphoriques qui le souillent par des lavages à l'eau; l'huile insoluble distille à 215°, point d'ébullition du succinate d'éthyle.

L'action du chlorobromure de phosphore sur l'acide succinique se produit donc suivant l'équation :

$$3\begin{array}{l} CH_2 - CO_2H \\ | \\ CH_2 - CO_2H \end{array} + 10PCl_3Br_2\left[4PBr_3 + 6PCl_5\right]$$

$$= 4PBr_3 + 3\begin{array}{l} CH_2 - COCl \\ | \\ CH_2 - COCl \end{array} + 6POCl_3 + 6HCl.$$

Tout identique à cette réaction est celle qui se produit quand on met en présence le chlorobromure de phosphore et l'acide tartrique sec et pulvérulent. Après décomposition du pentabromure de phosphore formé, on recueille à la distillation de l'oxychlorure de phosphore bouillant vers 110°, et vers 170° un mélange de tribromure de phosphore et de chlorure de chlorofumaryle (175°);

ce dernier chlorure donne par l'alcool du chlorofumarate d'éthyle bouillant à 242°.

La réaction exécutée avec 50 grammes d'acide tartrique, 85 grammes de trichlorure de phosphore et 210 grammes de brome sec, s'accomplit suivant la formule

$$3\left|\begin{array}{l} CH(OH) - CO_2H \\ CH(OH) - CO_2H \end{array}\right. + 20PCl_3Br_2\left[8PBr_3 + 12PCl_5\right]$$

$$= 8PBr_3 + 3\left|\begin{array}{l} CH - COCl \\ CCl - COCl \end{array}\right. + 12POCl_3 + 15HCl.$$

### Action du chlore et du fer sur le chlorure de chlorofumaryle.

Il est plus facile de faire agir le brome que le chlore par fixation de l'élément lui-même quand la réaction est de longue durée; le brome est un liquide que l'on introduit facilement dans le ballon de réaction et que l'on chauffe ensuite avec la substance à bromer; pour le chlore, qui est un gaz, il n'en est plus de même.

J'ai fait agir le chlore sur le chlorure de chlorofumaryle de la manière suivante : Le chlorure acide est introduit dans un ballon relié à un réfrigérant ascendant par un joint à l'émeri. On ajoute quelques morceaux de fil de fer bien décapé et l'on fait barboter dans le liquide un courant très lent de chlore, de façon à maintenir constamment une atmosphère de ce gaz. Durant les quinze jours que dure l'opération, le ballon est maintenu à la température d'environ 100° au moyen d'un bain de glycérine.

Pour obtenir un courant gazeux passant très lentement et sans interruption pendant le temps indiqué, le chlore a été préparé par le chlorure de chaux sur lequel on laisse tomber goutte à goutte de l'acide chlorhydrique (*). Le gaz est desséché soigneusement avant de parvenir au chlorure acide sur lequel il doit réagir.

La partie supérieure du réfrigérant ascendant porte un tube descendant, muni d'un tube en U contenant de l'acide sulfurique concentré pour éviter un retour d'humidité dans l'appareil. L'ouverture libre du tube en U porte un bouchon muni d'un tube permettant à volonté de lancer les gaz dans la cheminée d'aérage ou de les récolter pour en faire l'examen.

Durant l'opération, les gaz sortant de l'appareil ont été plusieurs fois examinés. Afin de n'y trouver qu'un mininum d'air, la prise de gaz n'a jamais été faite qu'au moins vingt-quatre heures après que l'appareil à chlorure de chaux ait été renouvelé, en ayant soin chaque fois de ne le rattacher aux appareils dessiccateurs qu'après avoir fait réagir quelque temps l'acide chlorhydrique sur le chlorure de chaux, et chassé ainsi la plus grande partie de l'air.

Les gaz renferment essentiellement du chlore en excès et de l'acide chlorhydrique produit dans la réaction; en récoltant sous une cloche à robinet remplie d'une solution légèrement sulfurique de sulfate ferreux, on absorbe facilement au bout de quelques heures l'acide chlorhydrique qui est soluble dans l'eau, et le chlore qui oxyde le sulfate ferreux. Le gaz qui reste en petite quantité est

---

(*) Pour le dispositif, voir F. Swarts, *Traité élémentaire de manipulations chimiques*, 1898, p. 39.

de l'air mêlé à un peu d'anhydride carbonique, et exempt d'oxyde de carbone et d'éthylène. Si l'on récolte les gaz de la réaction dans un gazomètre rempli de soude caustique, on ne retrouve que de l'air.

Au bout de quinze jours, le ballon sur lequel le chlore réagit sur le chlorure de chlorofumaryle renferme une masse cristalline blanche empâtée dans un liquide sirupeux jaunâtre; on peut séparer, au moyen d'un flacon à filtration rapide, les cristaux du sirop qui les imprègne.

Les cristaux sont solubles dans l'éther, le chloroforme ou le benzol, et peuvent être facilement purifiés au moyen d'un de ces dissolvants; on les dissout à chaud et ils cristallisent par refroidissement. Enfin on peut les séparer complètement d'avec une trace d'acide chlorofumarique non sublimable qui se produit pendant la manipulation aux dépens du chlorure de chlorofumaryle et de l'humidité de l'air ou des dissolvants.

Le produit purifié fond à 119°; il est identique à l'anhydride bichloromaléique préparé par Ciamician et Silber (*) en chauffant le perchlorpyrocolle octochloré avec de la potasse, et par Kauder (**) en traitant par l'acide sulfurique concentré les deux composés isomères $C_4Cl_6O$ obtenus dans l'action à 250° du pentachlorure de phosphore sur le chlorure de succinyle.

---

(*) G.-L. Ciamician et P. Silber, *Ueber die Derivate des Pyrocolls.* (Ber. deut. chem. Ges., 1883, 16, p. 2388.)

(**) Kauder, *Produkte der Einwirkung von Fünffach-Chlorphosphor auf Succinylverbindungen und Weinsäure.* (Journ. f. prakt. Chem., 1885, 31, p. 1.)

L'anhydride bichloromaléique a été identifié par les analyses suivantes :

a) *Dosage du chlore par la méthode à la chaux :*

0gr,2285 de substance donnent 0gr,3962 AgCl,

d'où Cl = 0gr,0980, soit 42.88 °/.

Calculé pour $\begin{matrix} CCl - CO \\ \| \\ CCl - CO \end{matrix} > O$ (167) Cl = 42.51 °/.

b) *Dosage volumétrique :*

0gr,4543 de substance, après dissolution dans l'eau (cette dissolution doit se faire à froid pour éviter des pertes par volatilité, et demande quelques heures pour s'accomplir), sont neutralisés par 53 centimètres cubes de soude décime-normale.

Calculé pour $C_4Cl_2O_3 + 2NaOH$ : 53cc,2 de soude décime-normale.

L'huile qui englobe les cristaux d'anhydride bichloromaléique a été traitée par de l'eau dans laquelle elle se dissout partiellement, tandis que se dégage de l'acide chlorhydrique. L'eau est remplacée ensuite par une solution de carbonate de soude pour neutraliser les acides formés. Il reste un liquide insoluble, à odeur très irritante, refusant de se dissoudre dans l'eau, dans la solution de carbonate de soude et dans une solution de soude caustique, même après un traitement prolongé.

Quand on essaie de distiller le liquide insoluble, il se décompose assez fortement, même dans le vide. Il se laisse très facilement entraîner par un courant de vapeur d'eau qui permet de séparer ainsi un liquide incolore, à odeur piquante, soluble dans les dissolvants organiques et bouillant sans notable décomposition à 192-194°. Il

reste dans le ballon où s'est fait l'entraînement par la vapeur d'eau une portion visqueuse, assez peu colorée, qui présente toutes les propriétés d'une résine et qui renferme une très forte quantité de chlore. Cette dernière substance dont la présence s'oppose à la distillation facile de l'huile brute, n'a pu être identifiée.

Quant au liquide bouillant à 192-194°, il a été soumis aux analyses suivantes :

a) *Dosage du chlore par la méthode à la chaux :*

$0^{gr},3114$ de substance donnent $0^{gr},8069$ AgCl,
d'où Cl = $0^{gr},1989$, soit 63.85 °/₀.
$0^{gr},2117$ de substance donnent $0^{gr},5496$ AgCl,
d'où Cl = $0^{gr},1353$, soit 63.91 °/₀.
Calculé pour $C_4Cl_4O_2$ (222) Cl = 63.96 °/₀.

b) *Combustion par le mélange d'oxyde de cuivre et de litharge :*

$0^{gr},5216$ de substance donnent $0^{gr},4115$ $CO_2$
et $0^{gr},0006$ $H_2O$,
d'où C = $0^{gr},1122$, soit 21.51 °/₀.
H = $0^{gr},00006$, soit 0.
Calculé pour $C_4Cl_4O_2$ (222), C = 21.62 °/₀.

La substance est exempte d'hydrogène.

Le liquide analysé a par conséquent exactement la même composition que le chlorure acide de l'acide bichloromaléique

$$\begin{array}{l} CCl - COCl \\ \| \\ CCl - COCl, \end{array}$$

sans toutefois présenter les propriétés générales des

chlorures acides; il résiste en effet à l'action de l'eau, même alcaline, et ne fume pas à l'air ; il se laisse entraîner par la vapeur d'eau. Il paraît par conséquent encore plus résistant que le chlorure de phtalyle et que le chlorure de succinyle, qu'Auger (*) considère comme un mélange de deux isomères :

$$\begin{array}{l} CH_2 - COCl \\ | \\ CH_2 - COCl \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} CH_2 - CCl_2 \\ | \qquad\quad > O. \\ CH_2 - CO \end{array}$$

Afin d'identifier le produit obtenu, j'ai préparé directement le chlorure acide aux dépens de l'anhydride bichloromaléique lui-même : on chauffe 5 grammes d'anhydride avec 6 grammes de pentachlorure de phosphore dans un appareil à reflux durant dix heures. Après disparition totale du pentachlorure de phosphore, on n'a qu'à séparer par rectification l'oxychlorure de phosphore formé d'avec le liquide bouillant à 193-194°.

Ce dernier produit a été soumis à l'analyse suivante :

*Dosage du chlore par la méthode à la chaux :*

0gr,2869 de substance donnent 0gr,7579 AgCl,
d'où Cl = 0gr,1824, soit 63.68 °/₀.
Calculé pour $C_4Cl_4O_2$ (222), Cl = 63.96 °/₀.

Ce composé préparé au moyen de pentachlorure de phosphore offre exactement les mêmes propriétés que le produit que l'on obtient dans l'action du chlore et du fer sur le chlorure de chlorofumaryle.

---

(*) V. Auger, *Contribution à l'étude des chlorures d'acides bibasiques*. (Bull. Soc. chim. de Paris, 1888, 49, p. 345.)

Tous deux sont également inattaquables par l'eau : dans deux tubes étroits, on recouvre un peu de chacun des deux chlorures de quelques centimètres cubes d'eau, et l'on effile soigneusement la partie ouverte des tubes afin d'éviter l'évaporation ; on note par un trait à la lime le plan de séparation des chlorures et de l'eau, et l'on constate qu'après quinze jours, durant lesquels les tubes sont fréquemment agités, le niveau des liquides ne s'est que très faiblement modifié.

Ces faits permettent de donner au chlorure de bichloromaléyle la formule phtalique :

$$\begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \qquad\qquad > O. \\ CCl - CO \end{array}$$

La disparition de l'hydrogène et son remplacement par du chlore ont donc suffi à modifier profondément les propriétés du chlorure de chlorofumaryle qui est un véritable chlorure acide.

Le chlorure de bichloromaléyle se dissout dans l'alcool sans réagir avec ce liquide, et reprécipite par addition d'eau.

Chauffé avec de l'acide sulfurique concentré de densité 1.840, ou même avec de l'acide sulfurique fumant, il donne naissance à un sublimé blanc fondant à 110°, constitué par de l'anhydride bichloromaléique; il se dégage pendant cette réaction de l'anhydride sulfureux et beaucoup d'acide chlorhydrique. Cette réaction de l'acide sulfurique est d'ailleurs générale : avec le chlorure de phtalyle il se produit de l'anhydride phtalique, avec le chlorure de chlorofumaryle, de l'acide chlorofumarique,

et Oppenheim (*) a constaté la même chose pour le chlorure d'acétyle et les chlorures alcooliques.

Avec de la potasse alcoolique à 10 %, le chlorure de bichloromaléyle produit tout de suite une réaction très énergique; la masse solide obtenue est dissoute dans l'eau, puis évaporée à sec. La poudre saline qui en résulte est alors chauffée doucement dans un tube dans lequel passe un courant très lent d'acide chlorhydrique sec; il importe de ne chauffer qu'une portion du tube à la fois, et en agitant continuellement la lampe, afin d'éviter les explosions qui tendent à se produire. L'acide chlorhydrique provoque alors la formation d'un sublimé qui fond à 118° et dont les propriétés sont en tous points celles de l'anhydride bichloromaléique.

*
* *

De ce qui précède, nous pouvons conclure que le chlorure de chlorofumaryle, soumis à l'action du chlore en présence de chlorure ferrique, donne d'abord naissance à du chlorure de chloromaléyle de forme phtalique, d'après l'équation

$$\begin{matrix} CH - COCl \\ \| \\ CCl - COCl \end{matrix} + Cl_2 = \begin{matrix} CCl - COCl \\ \| \\ CCl - COCl \end{matrix} + HCl,$$

puis

$$\begin{matrix} CCl - COCl \\ \| \\ CCl - COCl \end{matrix} \text{ devient } \begin{matrix} CCl - CO \\ \| \\ CCl - CCl_2 \end{matrix} > O.$$

(*) A. Oppenheim, *Ueber isomere Allyl- und Propylenderivate.* (Lieb. Ann., Suppl. 6, p. 367, 1868.)

J'avais supposé, lors de mes recherches sur l'anhydride chlorobromomaléique, que l'anhydride produit dans la réaction résulte d'une destruction pendant la distillation. La réaction exécutée au moyen de chlore et de chlorure de chlorofumaryle en présence du fer prouve que l'anhydride se produit pendant la chloruration même.

Peut-être se forme-t-il un composé fortement chloré, analogue à celui qui est décrit par Kauder (**) :

$$\begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \qquad\qquad > O, \\ CCl - CCl_2 \end{array}$$

d'après l'équation

$$\begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \qquad\qquad > O \\ CCl - CO \end{array} + \begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \qquad\qquad > O \\ CCl - CO \end{array} = \begin{array}{l} CCl - CO \\ \| \qquad\qquad > O \\ CCl - CO \end{array}$$

$$+ \begin{array}{l} CCl - CCl_2 \\ \| \qquad\qquad > O. \\ CCl - CCl_2 \end{array}$$

Je n'ai pu retrouver un produit de cette espèce, et il n'est pas impossible que sous l'action prolongée de la chaleur, il se transforme en la substance résineuse chlorée dont j'ai parlé plus haut. Je n'ai pas non plus retrouvé dans l'huile insoluble de l'éthane perchloré $C_2Cl_6$ qui se forme souvent dans les chlorurations de chlorures acides (*), et que Kauder (**) notamment a trouvé dans

(*) Voir H. Hübner et F.-C.-G. Müller. *Ueber die Bildung von Chlorkohlenstoff* $C_2Cl_6$ *aus Essigsäure.* (Zeitschr. f. Chemie, 1870, 13, p. 328.)

(**) *Loc. cit.*

les produits de la réaction du pentachlorure de phosphore sur le chlorure de succinyle.

Les réactions que nous avons exécutées avec les chlorures de succinyle, de chlorofumaryle, de citraconyle et de mésaconyle, montrent donc que le brome et le chlore produisent, quand ils sont chauffés avec ces chlorures acides, les anhydrides d'acides substitués et non saturés; dans les cas où la résinification ne s'est pas produite, et où par conséquent il a été possible de retrouver les produits insolubles, on a pu constater la formation de chlorures acides correspondant aux anhydrides obtenus. Ces chlorures acides sont inattaquables par l'eau ; les anhydrides se laissent sublimer avec la plus grande facilité.

Ce travail a été fait dans le laboratoire de chimie générale de l'Université de Gand, que dirige M. le professeur Th. Swarts, auquel je présente tous mes remerciements.

Septembre 1899.

---

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour l'adoption de candidatures aux places vacantes.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

—

*Errera* (*Léo*). Une leçon élémentaire sur le darwinisme. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (32 p.).

*Dollo* (*Louis*). Les ancêtres des Marsupiaux étaient-ils arboricoles? Paris, 1899; extr. in-4° (20 p., 2 pl.).

*Petermann* (*A.*). Utilisation des tourbes belges. Bruxelles, 1899; in-8° (15 p.).

*Swaen* (*A.*). Note sur la topographie des organes abdominaux et sur les dispositions du péritoine. Paris, 1899; extr. in-8° (38 p., fig.).

*Swaen* (*A.*) et *Brachet* (*A.*). Étude sur les premières phases du développement des organes dérivés du mésoblaste chez les Poissons téléostéens. Liége, 1899; extr. in-8° (139 p., 7 pl.).

*Gehuchten* (*A. Van*). Anatomie du système nerveux de l'homme. Leçons professées à l'Université de Louvain, 3e édition, volume I. Louvain, 1900; in-8° (xx-527 p.).

*Van den Broeck* (*Ernest*). Quelques mots encore au sujet de l'incident Dupont-Van den Broeck : l'Évolution et le phénomène de la migration. Le différend porté devant l'Académie et le Rapport de M. le professeur Éd. Van Beneden sur la « réclamation de priorité » de M. E. Van den Broeck. — Exposé fait à la séance du 2 juillet 1899 de la Société royale malacologique de Belgique. Bruxelles, 1899; extr. in-8° (27 p.).

*État Indépendant du Congo*. Annales du Musée du Congo. Zoologie, 1re série : Matériaux pour la faune du Congo. Poissons nouveaux, par G.-A. Boulenger, tome I, 4e fasc. In-4°.

*Ministère de l'Agriculture*. Service des agronomes de

l'État. Monographie agricole de la région de la Campine. Bruxelles, 1899; in-8°.

*Ministère de l'Industrie et du Travail.* Rapports annuels de l'Inspection du travail, 1898.

*Société belge de microscopie.* Annales, tome XXIV, 1899; in-8°.

—

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

*Haeckel* (*Ern.*). Kunstformen der Natur, 3. Lieferung. Leipzig, 1899; in-4°.

*Kölliker* (*A.*). Ueber das Chiasma. Tubingue, 1899; extr. in-8° (2 p.).

*Lampe* (*E.*). Die reine Mathematik in den Jahren 1884-1899, nebst Actenstücken zum Leben von Siegfried Aronhold. Berlin, 1899; in-8° (48 p.).

BERLIN. *Kön. Technische Hochschule.* Chronik, 1799-1899. 1899; in-4°.

CASSEL. *Verein für Naturkunde.* Abhandlungen und Berichte, 1898-1899.

GIESSEN. *Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.* 32. Bericht, 1897-1899.

WIESBADE. *Verein für Naturkunde.* Jarbücher, 1899.

METZ. *Académie, lettres, sciences, etc.* Mémoires, 1896-1897.

FRANCFORT-SUR-LE-MAIN. *Physikalischer Verein.* Jahresbericht, 1897-1898.

MUNICH. *Botanische Gesellschaft.* Berichte, Band VI, 1899.

BRUNSWICK. *Verein für Naturwissenchaft.* 11. Jahresbericht, 1897-1899.

INNSBRÜCK. Zeitschrift des Ferdinandeums, 43. Heft, 1899.

VIENNE. *Internationale Erdmessung.* Trigonometrische Arbeiten, 6 und 7. — Das Präcisions-Nivellement, IV. Theil, 1899; 3 vol. in-4°.

PRESBOURG. *Verein für Natur- und Heilkunde.* Verhandlungen, 1897-1898.

VIENNE. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften.* Mathematische-Naturw. Classe, Band 65, 66, 67. Sitzungsberichte, 1898. Almanach, 1898.

HALLE. *Kaiserl. Akademie der Natursforscher.* Abhanlungen, Band 72 und 74. Repertorium zu den Acta, Band II, 2. Katalog der Bibliothek, 9. Lieferung.

VIENNE. *Kaiserl. Militär-Geographisches Institut.* Publicationen, XVI. Band, 1899; in-4°.

—

FRANCE.

ARRAS. *Académie des sciences, lettres et arts.* Mémoires, 2me série, tome XXIX, 1898.

ANGERS. *Société d'agriculture, sciences et arts.* Mémoires, 5me série, tome I. 1898.

AMIENS. *Académie des sciences, des lettres et des arts.* Mémoires, tome XLV, 1898.

BORDEAUX. *Société linnéenne.* Actes, tome LIII, 1898.

DUNKERQUE. *Société pour l'encouragement des sciences, des lettres et des arts.* Mémoires, volume XXXI, 1898-1899.

PARIS. *Observatoire.* Carte photographique du ciel (Paul et Prosper Henry), 1er envoi, 1899; 20 planches en héliogravure.

— *Comité international des poids et mesures.* Procès-verbaux, 1899.

—

GRANDE BRETAGNE ET COLONIES BRITANNIQUES.

*Royers* (*A.-W.*) and *Schwartz* (*E.-H.-L.*). Notes on the recent limestones on parts of the South and West Coasts of Cape Colony. S. l., 1898; in-8° (9 p. et 1 pl.).

SYDNEY. *Royal Society*. Journal and proceedings, vol. XXXII. 1898.

OTTAWA. *Royal Society of Canada*. Proceedings and Transactions; 1898, vol. IV.

LIVERPOOL. *Biological Society*. Proceedings and Transactions, vol. XIII. 1899.

—

PAYS DIVERS.

*Hulth* (*J.-M.*). Ofversigt af faunistiskt och biologiskt vigligare Litteratur rörande Norgens Fäglar. Stockholm, 1899; in-4°.

*Karpinsky* (*A.*). Ueber die Reste von Edestiden und die neue Gattung Helicoprion. Saint-Pétersbourg, 1899 ; in-8° (111 p. et 4 pl. in-4°).

UPSAL. *Arsskrift*, 1898.

BERGEN. *Museum*. Aarbog, 1899 .

ZURICH. *Sternwarte des Polytechnikums*. Publikationen, Band II. 1899; in-4°.

BERNE. *Commission géologique* Beiträge der Geologie der Schweiz : geotechnische Serie, I. Lieferung. 1899 ; in-4°.

HELSINGFORS. *Société finlandaise des sciences*. Acta, tomus XXIV. 1899 ; in-4°.

— Bidrag, Finlands Natur och Folk, Häftet 57. 1898.

SAINT-PÉTERSBOURG. *Nicolai-Hauptsternwarte*. Die Odessaer Abtheilung. 1899.

SAN FERNANDO. *Instituto y Observatorio de Marina*. Anales, observaciones astronómicas. 1893 ; in-4°.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

# BULLETIN

DE LA

# CLASSE DES SCIENCES

1899. — N° 12.

*Séance du 2 décembre 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, Léo Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, P. Francotte, Fr. Deruyts, *correspondants.*

M. Ch. Lagrange, *vice-directeur*, motive par écrit son absence.

— M. le Directeur adresse les félicitations de la Classe à M. Louis Henry, au sujet du prix décennal de chimie et de physique expérimentales qui vient de lui être décerné, ainsi qu'à M. le lieutenant général J. De Tilly, promu grand officier de l'Ordre de Léopold, et M. Julien Fraipont, nommé chevalier du même ordre. — Des applaudissements accueillent les paroles de M. Spring, ainsi que les remerciements exprimés à la Classe par MM. Henry et De Tilly.

— M. le général Brialmont appelle l'attention de la Classe sur l'Expédition antarctique belge, son organisation, son but, les encouragements de toute nature dont elle a été l'objet, aussi bien de l'Académie que du Gouvernement et des institutions qui s'y sont intéressées, notamment la Société royale belge de géographie, d'où est parti le mouvement initial de souscription en faveur de l'entreprise; les résultats scientifiques obtenus, — malgré les conditions si désavantageuses du navire et de ses approvisionnements, — au prix d'héroïques efforts et de longues et dures privations supportées pendant deux années, résultats auxquels ont applaudi les principales sociétés géographiques, lesquelles ont déclaré que cette expédition mettait la Belgique au premier rang des nations qui, depuis 1840, ont exploré scientifiquement le pôle sud; les manifestations et les réceptions officielles ainsi que les distinctions honorifiques dont M. de Gerlache et ses vaillants compagnons (MM. Lecointe, Amundsen, Arctowski, Racovitza, Dobrowolski et le Dr Cook) viennent d'être l'objet pour leur si courageuse

entreprise; enfin l'intention annoncée par M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, de demander à la Législature un crédit pour la publication, sous les auspices de l'Académie, des contributions importantes apportées par l'expédition à la géographie, à la zoologie, à la minéralogie, à la botanique et à la météorologie, contributions qui faciliteront grandement la tâche des futurs explorateurs des régions australes. (*Applaudissements.*)

Sur la proposition de M. Brialmont, la Classe décide d'inviter les sept membres de l'Expédition antarctique belge à assister à sa séance publique annuelle, qui aura lieu le dimanche 17 décembre, à 2 heures, dans la grande salle du Palais des Académies. Après une allocution que leur adressera M. le président Spring, une médaille commémorative sera solennellement remise à chaque membre, pour la part prise à cette expédition dont les résultats sont tout à l'honneur du pays et de ceux qui l'ont provoquée et encouragée.

---

## CORRESPONDANCE.

— M. René Lavachery, rue des Brasseurs, n° 19, à Anvers, demande le dépôt dans les archives d'un billet cacheté portant la date du 28 novembre. — Accepté.

— M. le Secrétaire perpétuel présente, au nom de M. le baron de Selys Longchamps, la notice nécrologique d'Ernest Candèze, et, au nom de M. Delacre, la notice nécrologique de M. François Donny, tous deux anciens membres de la Classe.

Des remerciements sont votés à MM. le baron de Selys Longchamps et Delacre pour ces notices, qui prendront place dans l'*Annuaire* de 1900.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Miscellanées biologiques, dédiées au professeur Alfred Giard, à l'occasion du XXVe anniversaire de la fondation de la station zoologique de Wimereux* (offert par M. Errera, avec une note qui figure ci-après);

2° *Ueber die Reste von Edestiden und die neue Gattung Helicoprion;* von A. Karpinsky (offert au nom de l'auteur par M. Mourlon);

3° *Beginselen der scheikunde;* par M.-C. Schuyten;

4° *Barycentre polaire et barycentre symétrique;* par J. Neuberg.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits soumis à l'examen :

*Sur la polarité dans les courbes gauches du 4e ordre (1re espèce) et du 3e ordre;* par M. Stuyvaert. — Commissaires : MM. Fr. Deruyts et Le Paige.

*Table des nombres premiers de 1 à 100,000;* par J. Marchal. — Commissaire : M. Mansion.

---

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

Le magnifique volume que je viens offrir à l'Académie de la part des auteurs est le tome VII des Travaux de la Station zoologique de Wimereux. Il est très artistement imprimé et orné d'un grand nombre de belles planches. Il porte le titre de *Miscellanées biologiques*. On y trouve

réunis trente-six mémoires dédiés à M. le professeur Alfred Giard, à l'occasion du XXVe anniversaire, récemment célébré, de la fondation de la station zoologique de Wimereux (Pas-de-Calais).

Les collaborateurs se sont généralement attachés à des questions se rapportant soit à l'objet du cours de M. Giard : Évolution (ontogénique et phylogénique) des organismes, soit à la faune et à la flore de la région boulonnaise, où se trouve situé le laboratoire qui achevait son quart de siècle d'existence.

Le nombre des auteurs, leurs nationalités diverses, la variété des matières botaniques et zoologiques traitées, montrent d'une manière éclatante l'hospitalité large et cosmopolite que le directeur du laboratoire a toujours exercée à l'égard des travailleurs et l'ampleur d'idées qui règne dans son enseignement.

I. Quatre mémoires sont consacrés à des questions de BIOLOGIE GÉNÉRALE : Origine de la sexualité (*Lignier*), Hérédité du sexe (*Le Dantec*), Osmose dans la matière vivante (*Mouton*), Théorèmes sur la taille maxima des animaux (*Chudeau*).

II. La BOTANIQUE compte neuf mémoires : Clef dichotomique pour la détermination des Algues marines du nord de la France (*Debray*) ; Réserves hydrocarbonées des Thallophytes (*Clautriau*) ; Culture des amibes de Myxomycètes et répartition du glycogène chez ces êtres (*Ensch*) ; Structure particulière du protoplasme d'une Mucorinée, coloré à l'état vivant par des pigments bactériens ou fongiques (*Matruchot*) ; Éthologie du Lierre terrestre (*Maige*) ; Lutte des végétaux contre les animaux dans le Sahara (*Massart*) ;

Étude de quelques galles foliaires (*Molliard*); Galles du Genévrier (*Houard*); Maladies cryptogamiques des végétaux (*Ray*).

III. La zoologie figure dans le recueil avec un cortège imposant de vingt et un mémoires, traitant :

De *zoologie systématique :* Hydraires du Pas-de-Calais (*Bétencourt*); Liste de Mollusques des côtes de l'Océan (*H. Fischer*); Nouveau Copépode parasite (*Canu*); Genre Cerataspis (*J. Bonnier*); Nouveau Lombricien (*Horst*); Types nouveaux de Sporozoaires (*Léger*); Sporozoaires parasites d'Annélides (*Caulley et Mesnil*);

De *morphologie animale :* Appendices d'Annélides Aphroditiens (*Darboux*); Ostéologie de Reptiles (*Cligny*); Ceinture scapulaire ancestrale des Urodèles (*Perrin*);

D'*histologie animale :* Formation des membranes cellulaires (*Querton*); Canaux neuraux des Annélides (*Michel*);

D'*embryologie animale :* Corps post-branchiaux chez les Sauropsidés et les Mammifères (*Herrmann et Verdun*); Développement du péricarde et du cœur chez les Ascidies (*Julin*); Condensation embryogénique chez un Mollusque nudibranche (*Pelseneer*); Leçon sur les réserves nutritives de l'œuf (*Loisel*);

De *phylogénie animale :* Vie arboricole probable des ancêtres des Marsupiaux (*Dollo*);

De *physiologie animale :* Excrétion chez l'Arénicole (*Willem*); Sens de l'orientation et notion d'espace (*P. Bonnier*);

D'*éthologie animale :* Observations sur un Acarien (*Brucker*);

Et même d'*anthropologie* : Déformation artificielle du crâne (*François*).

IV. Enfin, le côté médical et industriel de la biologie est représenté aussi : Favus nouveau du scrotum (*Billet*); Rouissage du Lin (*Marmier*).

Il ne peut être question ici de tenter une analyse de tant de travaux divers : il suffira de résumer notre impression en disant que leur valeur n'est pas inférieure à leur variété.

Nous constatons avec plaisir que, parmi les collaborateurs, plus d'un cinquième sont de nationalité belge. C'est qu'en effet, nos côtes sablonneuses ne sont guère favorables à l'installation d'un laboratoire biologique et nos naturalistes doivent aller chercher la plupart des matériaux marins dans les stations de l'étranger, où ils sont, du reste, reçus avec une bienveillance dont on ne saurait se montrer trop reconnaissant.

Dès lors, une question se pose sur laquelle je me permets d'appeler l'attention de l'Académie.

L'ancien laboratoire de Wimereux est remplacé depuis quelques semaines par la nouvelle station zoologique, située à quelques centaines de mètres plus loin. Elle est plus confortable et plus vaste, et, cependant, on peut affirmer dès à présent qu'elle sera trop petite pour le nombre toujours croissant de travailleurs. Notre Gouvernement ne devrait-il pas chercher à assurer aux biologistes belges l'usage de l'ancien laboratoire, devenu vacant, que beaucoup d'entre eux connaissent et dont ils conservent un si excellent souvenir? Je crois savoir que tel est leur vœu unanime et une dépense très faible suffirait sans doute à le réaliser.

On ne saurait terminer ces quelques lignes, inspirées par les *Miscellanées biologiques*, sans associer, avec éloges,

au nom de M. Giard, celui de M. Jules Bonnier qui est, depuis bien des années, le directeur adjoint de son laboratoire et qui s'est particulièrement occupé de la coordination et de l'exécution, tout à fait remarquable, de ce volume.

ERRERA.

---

## CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1898.

### SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Il est donné lecture des rapports de MM. Neuberg, Le Paige et De Tilly sur les trois mémoires portant respectivement les devises suivantes :

N° 1. *Geometry is hard* (I.-H.-S. Smith) ;

N° 2. *Numery regunt locum ;*

N° 3. *Itinera ad verum,*

en réponse à la troisième question du programme de concours pour 1898 : *Sur les correspondances que l'on peut établir entre deux espaces* (Verwandschaften).

---

## CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1899.

### SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Il est donné lecture des rapports de MM. De Heen, Van der Mensbrugghe et Spring, sur le mémoire portant la devise : *Scientia nobis hæc otia fecit*, en réponse à la

question du programme de concours pour 1899 *sur la Conductibilité calorifique des liquides.*

La Classe se prononcera, dans sa séance du samedi 16 décembre, sur les conclusions de ses commissaires.

## RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Fr. Deruyts, De Tilly et Mansion sur un *Mémoire énonçant et démontrant un nouveau principe de mécanique;* par Eug. Ferron. — Dépôt aux archives du mémoire ainsi que de ses annexes;

2° De M. Mansion, sur une *Table des 9,677 nombres premiers extraits de la décomposition des nombres de 1 à 100,000;* par Joseph Marchal. — Dépôt aux archives;

3° De MM. Fredericq et Masius, sur une note *Sur l'accroissement de la force musculaire des élèves pendant l'année scolaire;* par M.-C. Schuyten. — L'auteur sera engagé à envoyer son travail à une Revue spéciale s'occupant particulièrement de ce genre de recherches.

*L'apparition du centrosome dans les cellules nerveuses au cours de l'infection rabique;* par Charles Nelis.

**Rapport de M. Éd. Van Beneden, premier commissaire.**

« Si, en se fondant sur les observations faites jusqu'ici l'on est en droit de penser qu'il existe une sphère attractive avec corpuscule central dans les cellules des

ganglions spinaux, les ganglions du grand sympathique de la Grenouille, et dans les cellules de la chaîne ganglionnaire d'un Annélide, la constance de cet élément dans les cellules nerveuses est loin d'être établie. On a cherché en vain jusqu'ici à déceler la présence d'un cytocentre dans les cellules nerveuses des Vertébrés supérieurs, des Mammifères et de l'homme en particulier.

M. Nelis a eu recours, en vue de mettre en évidence cet organe cellulaire, à différents modes de fixation et de coloration. Ces méthodes ont donné des résultats négatifs, quand il les a appliquées au Chien et au Lapin normaux; elles font apparaître, au contraire, dans les cellules ganglionnaires spinales d'animaux soumis à l'action du virus rabique, un corpuscule coloré, d'ordinaire unique, siégeant constamment à quelque distance du noyau. Ce corpuscule, l'auteur le considère comme répondant au centrosome. Parfois, au lieu d'un corpuscule unique, il s'en trouve deux; dans ce cas, ils sont de dimensions inégales et sont parfois reliés entre eux par un filament. L'auteur suppose que cette dualité révèle une tendance à la division, provoquée par l'influence du virus rabique. Ces interprétations prêtent le flanc à la critique; je doute, pour ma part, de leur exactitude.

Je n'en propose pas moins à la Classe de décider l'impression de la note de M. Nelis dans le *Bulletin* de la séance. La reproduction de la planche par la chromolithographie est indispensable. »

M. Van Bambeke, second commissaire, se rallie à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

## COMMUNICATION ET LECTURE.

—

*L'apparition du centrosome dans les cellules nerveuses au cours de l'infection rabique;* par Charles Nelis.

En 1895, von Lenhossek (1) publiait un travail sur l'existence du centrosome et de la sphère attractive dans les cellules nerveuses des ganglions spinaux de la Grenouille. Déjà à une époque antérieure, l'auteur avait été frappé par certaines dispositions structurales du protoplasme de ces cellules, notamment la constance de la position excentrique du noyau et l'aplatissement de celui-ci sur une partie de sa circonférence, voire même une concavité quelque peu prononcée du côté dirigé vers la partie centrale de la cellule. En outre, dans beaucoup de cellules, il existe, d'après lui, une disposition du protoplasme en couches concentriques autour d'un centre qui n'est pas occupé par le noyau, mais qui se trouve peu éloigné du centre géométrique de la cellule. La constatation de ces détails était suffisante pour mettre en éveil l'attention de l'éminent observateur et lui faire soupçonner, dans le protoplasme de ces cellules, l'existence du centrosome et de la sphère attractive. C'est alors qu'il

---

(1) VON LENHOSSEK, *Centrosom und Sphäre in den Spinalganglienzellen des Frosches* (ARCH. FÜR MIKR. ANAT., Bd XLVI, pp. 345-368).

s'adressa à la méthode à l'hématoxyline au fer de Heidenhain. Au moyen de ce procédé, il est parvenu à mettre en évidence, au sein du protoplasme de ces cellules, une production qu'il croit analogue au centrosome ou corpuscule central décrit par Éd. Van Beneden, Boveri et d'autres. « Das centrale Körnchenhäuflein », dit-il, « ist ohne Frage identisch mit dem Centralkörperchen Van Beneden's (1). » Toutefois, il existe une notable différence entre le centrosome décrit par von Lenhossek et celui décrit par la plupart des auteurs dans d'autres cellules. En effet, le centrosome des cellules ganglionnaires de la Grenouille n'est pas constitué par un ou deux corpuscules, mais par une foule de petites granulations très ténues, fortement pressées les unes contre les autres et donnant à un faible grossissement l'illusion d'un corpuscule unique. Nous verrons plus loin comment Bühler et Holmgren interprètent ces granulations.

Le centrosome signalé par von Lenhossek occupe le centre d'une zone claire, nettement délimitée et quelque peu variable de grandeur de cellule à cellule. Cette zone claire a été désignée par l'auteur sous le nom de *centrosphère*. Quoique la centrosphère soit nettement délimitée de la zone de protoplasme immédiatement voisine, celle-ci possède cependant une structure un peu spéciale : elle est franchement granuleuse et plus dense que le reste du protoplasme. La centrosphère se trouve ainsi située au milieu d'une sphère granuleuse : la *plasmosphère* de von Lenhossek. La densité et la grandeur de la plasmosphère

---

(1) VON LENHOSSEK, *loc. cit.*, p. 339.

sont variables d'une cellule à l'autre; dans certaines d'entre elles, elle est très peu marquée, presque imperceptible.

Dans le cours de ses recherches, l'auteur n'a jamais constaté l'existence de radiations protoplasmiques partant du centrosome.

Tel est, en résumé, le résultat des observations de von Lenhossek sur les cellules des ganglions spinaux de la Grenouille. L'auteur attribue une grande importance à l'existence du centrosome dans la cellule nerveuse. En effet, c'était la première fois, depuis la découverte de Van Beneden, qu'on signalait son existence dans les cellules nerveuses, cellules *au repos* par excellence, puisque chez l'adulte elles ne se multiplient plus que dans des cas excessivement rares et exceptionnels : « Zum Schlüsse kann ich es nicht interlassen zu betonen », conclut-il, « dass es sich hier um den ersten Nachweis von Centrosom und Sphäre in Nervenzellen handelt. Wahrscheinlich bildet mein Befund das erste Glied in einer Kette weiterer ähnlicher Nachweise (1). »

L'auteur se demande aussi si le centrosome n'existe pas dans les cellules nerveuses des Mammifères. Toutes ses recherches sont restées négatives. Il incline à admettre que cet élément se trouve renfermé dans le noyau. « Es ist nun sehr möglich », dit-il, « dass dieser Unterschied darin seine Erklärung findet, dass das dynamische oder vielleicht auch morphologische Aequivalent des Centrosoms hier in den Kern verlagert ist (2). »

Les observations si intéressantes de von Lenhossek

---

(1) VON LENHOSSEK, *loc. cit.*, p. 368.
(2) ID., *loc. cit.*, p. 368.

prêtent cependant le flanc à la critique, car les productions que le savant histologiste a décrites diffèrent de celles auxquelles la plupart des auteurs donnent le nom de centrosome et de sphère. De plus, pour les mettre en évidence, von Lenhossek ne s'est servi que d'un seul procédé. Or deux auteurs, Bühler et Holmgren, en employant la même méthode avec plus de succès, ont cru devoir contester la valeur de l'interprétation donnée par von Lenhossek et ont formulé de graves objections à la prétendue existence de centrosomes et de sphères dans les ganglions spinaux de la Grenouille. Nous croyons que Flemming lui-même est fort peu convaincu de l'existence du centrosome et de la sphère dans les cellules nerveuses, puisque encore en 1898, il s'exprime ainsi dans sa réponse à J.-B. Carnoy : « Die Angaben über Befunde bei Nervenzellen habe ich absichtlich weggelassen, da sie noch diskutabel erscheinen (1). »

Voyons l'objection de Bühler (2). Cet auteur est absolument d'accord avec von Lenhossek, quant à l'existence dans les cellules des ganglions spinaux de la Grenouille d'une disposition du protoplasme en couches concentriques ou en spirales. Mais il n'y voit que des fibrilles, dérivant du cylindre-axe, entre lesquelles se trouvent rangés des blocs de substance chromophile, lesquels blocs affectent naturellement la même disposition que les fibrilles. Du centre de la figure en forme de spirale part, d'après Bühler, un faisceau compact de fibrilles; ce fais-

---

(1) Flemming, *Morphologie der Zelle* (Ergeb. der Anat. und Entw., Bd VII, 1897, p. 433).

(2) Bühler, *Verh. d. phys.-med. Gesellschaft, zu Würzburg*. N. F., Bd 31, n° 8.

ceau se dirige vers le pôle axial de la cellule en traversant une grande partie du corps cellulaire. Les fibrilles de ce faisceau sont en continuité avec celles du cylindre-axe.

Voici comment Bühler se figure le trajet des fibrilles de l'axone au sein du protoplasme cellulaire : les fibrilles périphériques de l'axone, en pénétrant dans le corps cellulaire, s'épanouissent et se dirigent vers la périphérie de la cellule, elles s'infléchissent alors vers le milieu du corps protoplasmatique en faisant quelques tours de spire, pour se diriger en faisceau compact vers la partie centrale du cône d'origine du cylindre-axe. La section transversale de ce faisceau représenterait la centrosphère décrite par von Lenhossek, tandis que la plasmosphère ne serait que la partie granuleuse environnante, formée par les fibrilles disposées en spirales.

Dans une récente communication, Holmgren (1) confirme les observations de Bühler. En examinant des cellules de ganglions spinaux de la Grenouille et du Crapaud fixés dans un mélange de sublimé et d'acide picrique ou dans le liquide de Carnoy, il a obtenu des images analogues à celles décrites par von Lenhossek sous le nom de centrosome et de centrosphère. Cependant Holmgren n'admet pas les interprétations de von Lenhossek et considère ces productions plutôt comme indépendantes du protoplasme; elles ne seraient pas une différenciation protoplasmique. Il pense « dass sie mehr als Corpora aliena in der Zelle als eine Specialisirung des Zellplasmas hervortreten (2) ».

---

(1) E. Holmgren, *Zur Kenntniss der Spinalganglienzellen des Kaninchens und des Frosches* (Anat. Anzeiger., Bd XVI, 1899, n° 7.)

(2) Id., *loc. cit.*, p. 166.

D'après l'auteur, il existe fréquemment une rétraction entre la prétendue centrosphère et le protoplasme environnant; de plus, la centrosphère présente un aspect lamelliforme. « Was indessen gleich bei meiner näheren Untersuchung dieses Gegenstandes meine besondere Aufmerksamkeit fesselte, war, dass die « Centrosphäre » von Lenhossek's ein gewissermassen hyalines, mehr oder weniger lamellirtes Ansehen darbot (1). »

La communication de von Lenhossek fut bientôt suivie par celle de Dehler (2). Il s'agit dans l'espèce des cellules nerveuses des ganglions de la chaîne sympathique chez la Grenouille. Au moyen des mêmes procédés de fixation et de coloration, l'auteur a pu mettre en évidence des figures analogues à celles observées par von Lenhossek, avec cette différence toutefois que dans le cas présent le centrosome ne semblait être constitué que par une ou deux granulations. Ceci se rapproche déjà plus du centrosome décrit dans les autres cellules.

Il nous reste à examiner un dernier travail au sujet de l'existence de centrosomes et de sphères attractives dans les cellules nerveuses. Margaret Lewis (3) a étudié, en 1896, les cellules ganglionnaires d'un Annélide de la famille des Maldaniæ. Ce Ver, trouvé par l'auteur, se rapprochait de la forme *Clymenella torquata*. Lewis s'est servi aussi de la fixation au sublimé et de la colora-

---

(1) E. Holmgren, *loc. cit.*, p. 166.

(2) Dehler, *Beitrag zur Kenntniss vom feineren Bau der sympathischen Ganglienzellen des Frosches* (Arch. für mikr. Anat., Bd XLVI, Heft 4, pp. 724-738).

(3) Margaret Lewis, *Centrosome and sphere in certain of the nerve cells of an invertebrate* (Anat. Anz., Bd XII, 1896, nos 12-13, pp. 291-299).

tion à l'hématoxyline au fer de Heidenhain; il donne cependant la préférence au fixateur de vom Rath (ac. picrique + osmique + acétique + chlorure de platine). Les centrosomes et les sphères ne sont apparents que dans les grandes cellules nerveuses, lesquelles ne sont généralement pas sphériques, mais plutôt allongées. Le noyau de ces cellules est volumineux et occupe dans la plupart des cas une position excentrique. Le noyau est aplati ou présente quelquefois une concavité du côté où se trouvent le centrosome et la sphère. Le volume de la sphère atteint environ le tiers de la cellule; dans certains cas, elle est nettement distincte du protoplasme environnant; d'autres fois, au contraire, la transition entre les deux est insensible. A sa partie la plus externe, la sphère présente une zone de protoplasme granuleux, puis en allant en dedans il y a une zone plus homogène. Au centre de la sphère se trouve un petit corps arrondi; parfois on constate la présence de deux ou trois corpuscules. Un fait important à signaler, c'est que de ce corpuscule partent des radiations multiples qui traversent toute la sphère et se continuent même parfois dans le protoplasme. Le corpuscule central fixe avidement les colorants et présente le plus souvent une forme sphérique; quelquefois cependant il est allongé.

L'auteur estime que les productions qu'il décrit représentent un véritable corpuscule central et une sphère. Il ne serait pas impossible, d'après lui, que ces éléments fussent le centrosome et la sphère attractive de la dernière division de la cellule. «If it can», dit-il, «be shown that is has remained over from the last cell division, then the presence of such a body — a true centrosome — in a cell

so conservative as a nerve cell will be a matter of great theoretical interest (1). »

En résumé, voici donc l'état de la question : Chez les Mammifères, il n'existe aucune observation concernant la présence d'un centrosome dans les cellules nerveuses. Dans toute la série des Vertébrés, von Lenhossek et Dehler signalent des centrosomes dans les cellules nerveuses des ganglions spinaux et sympathiques chez la Grenouille. Les résultats de ces recherches sont contestables. Margaret Lewis décrit un centrosome et une sphère attractive dans les cellules nerveuses d'un Annélide. Cette observation nous paraît la plus sérieuse.

C'est le moment d'exposer les résultats de nos recherches personnelles.

Depuis un certain temps, la structure normale et pathologique des cellules des ganglions spinaux a fait notre objet d'étude favori. Dans le cours de ces recherches, pleines de difficultés et de surprises, nous nous sommes demandé bien des fois si un centrosome ne pourrait pas être décelé dans le protoplasme de ces cellules. Nous avons essayé une foule de fixations et de colorations; l'échec a été complet sur toute la ligne. Il nous semble cependant qu'une petite remarque ici ne serait pas entièrement dépourvue d'intérêt.

On sait que von Lenhossek soupçonna l'existence du centrosome par la position excentrique du noyau, son aplatissement et la disposition du protoplasme en spirales ou en couches concentriques. Des observations analogues ont été faites par Bühler et Holmgren chez la Grenouille et

---

(1) Margaret Lewis, *loc. cit.*, p. 298.

le Crapaud, par Holmgren chez le *Lophius*, par Margaret Lewis dans les cellules nerveuses ganglionnaires de l'Annélide qu'il a étudié.

Ne retrouve-t-on pas une disposition semblable dans les cellules nerveuses des Mammifères?

Sans aucun doute. Nous savons, d'après les recherches de Nissl (1), Van Gehuchten et Nelis (2), Cox (3), von Lenhossek et d'autres, que certaines cellules des ganglions spinaux des Mammifères possèdent une disposition en couches concentriques de leur protoplasme. Nous avons retrouvé une pareille structure chez le Lapin et chez le Rat.

Chez l'homme, le Chien, le Chat et le Porc, nous ne l'avons pas encore observée.

Quant à la situation excentrique du noyau dans les cellules qui affectent la disposition en couches concentriques, les avis sont partagés. Von Lenhossek prétend avoir toujours trouvé, dans ce type cellulaire, le noyau au centre de la cellule : « Der Mittelpunkt der koncentrischen Kreislinien », dit-il, « wird aber stets vom Kern gebildet. Dieser liegt auch, soweit ich sehe, *immer im Mittelpunkt der Zelle* (4). » Cox émet une opinion absolument opposée à celle de von Lenhossek : « Bei diesen Zellen », dit l'auteur (3), « liegt der Kern, insoweit ich dies habe kontrollieren können, *immer bisweilen sogar sehr stark exzentrisch.* »

---

(1) Nissl, *Die Hypothese der specifischen Nervenzellenfunction.*

(2) Van Gehuchten et Nelis, *Quelques points concernant la structure des cellules des ganglions spinaux* (Bull. de l'Acad. royale de méd. de Belgique, 26 mars 1898).

(3) Cox, *Der feinere Bau der Spinalganglienzelle des Kaninchens* (Anatomische Hefte, Bd XXVI, 1898).

(4) von Lenhossek, *loc. cit.*, p. 368.

Voilà deux opinions bien divergentes. Nous avons voulu contrôler l'assertion de Cox et nous avons trouvé qu'elle était trop exagérée et beaucoup trop exclusive. En examinant une foule de coupes de ganglions spinaux de Lapins, on se rend compte du polymorphisme remarquable que présentent les cellules de ces ganglions. [Voir Van Gehuchten et Nelis (1).] A côté des grandes cellules, où la substance chromophile semble répandue d'une façon uniforme, il en existe d'autres de même volume, moins abondantes cependant, et caractérisées par leur substance chromophile qui affecte la forme de granulations allongées, d'amas généralement fusiformes, disposés autour du noyau en couches concentriques, d'une façon plus ou moins évidente. L'examen attentif de 158 coupes, provenant de plusieurs ganglions normaux de Lapins différents, nous a donné les résultats suivants : Dans ces 158 coupes, nous avons trouvé 372 cellules du type dit « à couches concentriques », dont 324 présentaient un noyau central et dont 48 seulement renfermaient un noyau excentrique. Ces chiffres sont suffisamment démonstratifs pour prouver que la position excentrique du noyau est loin d'être un caractère distinctif des cellules à couches concentriques. Les opinions contradictoires de Cox et de von Lenhossek sont donc exagérées. Nous basant sur nos propres recherches et sur celles de Cox, nous croyons pouvoir affirmer que, chez le Lapin, le noyau *peut* occuper une position excentrique dans la cellule. Cette disposition doit-elle être mise en rapport avec l'*existence latente* d'un centrosome ou d'une sphère attrac-

---

(1) Van Gehuchten et Nelis, *loc. cit.*

tive? Il est bien difficile de répondre à cette question; il semble rationnel d'admettre qu'une telle disposition est intimement liée à une structure, à une orientation toute spéciale du protoplasme autour d'un centre. C'était, croyons-nous, aussi l'opinion de Heidenhain quand il écrivait au sujet de l'existence probable d'un centrosome dans les cellules nerveuses : « ... hier ist für eine Specialuntersuchung Aussicht auf Erfolg vorhanden, da doch von einigen Ganglienzellenformen her sowohl radiäre als auch concentrische Anordnungen bekannt wird (1) ».

C'est tout ce qu'il nous est permis de dire aujourd'hui sur l'existence probable du centrosome dans les cellules nerveuses *normales* chez les Mammifères.

Les résultats de nos recherches personnelles nous ont prouvé qu'il en est tout autrement à l'état *pathologique*. Dans l'espèce, nous avons étudié les cellules des ganglions spinaux du Chien et du Lapin rabiques. Dans cette affection, les ganglions spinaux sont le siège d'altérations pathologiques que nous avons exposées dans un autre travail (2).

Un grand nombre de cellules ganglionnaires sont détruites au cours du processus; notre observation porte sur des cellules, les unes en apparence restées normales, les autres dans un état de chromatolyse plus ou moins accentué. Cette dernière circonstance est très favorable

---

(1) HEIDENHAIN, *Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehungen zum Kern und Zellprotoplasma* (ARCH. F. MIKR. ANAT.. Bd XLIII, pp. 473-758).

(2) Notre travail : *Étude sur l'anatomie et la physiologie pathologiques de la rage,* devant paraître dans les ARCHIVES DE BIOLOGIE, est sous presse.

pour l'étude que nous poursuivons, puisque la disparition plus ou moins complète des blocs de substance chromophile favorise l'observation.

Nous englobons dans une même description les résultats obtenus chez le Chien et chez le Lapin, parce que les phénomènes se présentent d'une façon identique.

La technique que nous avons mise en pratique est des plus simples. Nous avons fixé les ganglions spinaux soit dans le liquide de Flemming, soit dans le liquide au sublimé de M. le professeur Gilson, soit dans un liquide dont voici la composition :

| | |
|---|---|
| Solution aqueuse de formol 7 % . . . . | 1000 c.c. |
| Sulfate de cuivre . . . . . | 20 gr. |
| Acide acétique glacial . . . . . | 5 c.c. |
| Sublimé corrosif q. s. pour sursaturer. | |

Une bonne fixation par ce réactif exige vingt-quatre heures. Ce liquide a le double avantage de donner des fixations irréprochables et de ne pas amener de rétraction dans les cellules nerveuses. Ensuite, il permet de réaliser les plus superbes colorations soit par la méthode de Nissl, soit avec l'hématoxyline, le neutralroth, la safranine, etc.

Pour la coloration, nous ne nous sommes adressé ni au bleu de méthylène ni au bleu de toluidine, parce que la substance chromophile qui se colore avidement par ces réactifs empêche de découvrir le centrosome. Nous nous sommes tenu à la coloration à la safranine et à celle à l'hématoxyline de Böhmer. Pour cette dernière cependant, nous avons procédé d'une façon un peu spéciale. Nous colorons nos coupes dans l'hématoxyline de Böhmer pendant trois ou quatre heures environ. Au sortir de ce

colorant, nous lavons à l'eau contenant un peu d'ammoniaque et puis dans l'eau pure. Ensuite, nous traitons nos coupes pendant quelques secondes par une solution concentrée de picro-carmin à chaud (45° à 50° C.). La couleur bleue s'évanouit et est remplacée par du jaune-brun. A ce moment, nous lavons rapidement nos coupes dans de l'eau ammoniacale pour faire reparaître la coloration bleue. Dans un grand nombre de cas, surtout quand les coupes sont assez minces (5 $\mu$), la décoloration est juste à point. En examinant au microscope, on voit le protoplasme cellulaire entièrement décoloré; les nucléoles seuls sont colorés en bleu intense. On déshydrate, on éclaircit et l'on monte au baume. Dans d'autres cas, au contraire, le protoplasme reste coloré en bleu; alors il faut recommencer, même deux ou trois fois, le traitement au picro-carmin et à l'eau ammoniacale jusqu'à ce que la décoloration soit convenable.

Exécutée de la sorte, cette méthode donne des préparations de toute beauté, dans lesquelles apparaissent les nucléoles et les centrosomes, s'il y en a, avec une netteté remarquable. Cette méthode a sur l'ancien procédé à l'hématoxyline ce grand avantage de bien colorer les nucléoles et les centrosomes, tout en gardant incolore la substance chromophile qui gênerait l'observation. Nous ferons remarquer toutefois que si la safranine colore avec une intensité égale le nucléole et le centrosome, l'emploi de l'hématoxyline donne au centrosome une coloration un peu plus faible que celle du nucléole. Sauf cette petite différence, les deux procédés se valent et sont excellents. C'est à dessein qu'au cours de ces recherches nous ne nous sommes pas servi de l'hématoxyline au fer de Heidenhain, et cela dans le but d'éviter des conclusions erro-

nées. Nous sommes persuadé que l'hématoxyline au fer de Heidenhain constitue une méthode de premier choix quand il s'agit de division cellulaire et d'étude de sphères attractives; mais elle n'était pas praticable dans le cas présent, à raison même du matériel qui a fait le sujet de notre étude. En effet, en étudiant l'anatomie pathologique de la rage, nous avons appelé l'attention sur la présence, dans les cellules nerveuses, de granulations de nature inconnue, se colorant vivement en noir par l'hématoxyline en question. La production de ces granulations est intimement liée, pensons-nous, au processus pathologique de la rage. C'est assez dire que si le procédé est excellent à l'état normal, on ne doit s'en servir à l'état pathologique qu'avec beaucoup de réserve.

Quand on examine les préparations à un fort grossissement, sans toutefois employer l'immersion homogène, on voit un certain nombre de cellules dans lesquelles le noyau occupe une position excentrique. En étudiant attentivement ces cellules, on trouve, au sein du protoplasme très faiblement coloré, un corpuscule qui se colore avidement en bleu par l'hématoxyline ou en rouge par la safranine. Ce corpuscule est très petit, plus petit que le nucléole du noyau; ses contours sont nets, bien tranchés. Quant à sa forme, elle est généralement arrondie, sphérique; dans certains cas, elle est ovalaire, allongée. Nous avons vu que le corpuscule central décrit par Lewis chez son Annélide présentait la même forme. La présence de ce corpuscule n'est pas un fait exceptionnel, accidentel; nous avons retrouvé ce petit élément dans un grand nombre de coupes et dans un grand nombre de cellules. Ce qui est plus frappant, c'est qu'il possède toujours les mêmes caractères; il se présente

partout de la même façon. Il suffit qu'on l'ait reconnu une bonne fois dans une cellule où il est très apparent, pour le retrouver facilement dans la suite, au sein du protoplasme d'une foule d'autres cellules. La safranine lui donne une coloration rouge aussi nette et aussi intense que celle du nucléole. Avec l'hématoxyline, au contraire, sa coloration bleue apparaît un peu moins intense que celle du nucléole. Un autre caractère qui fait reconnaître tout de suite ce corpuscule, c'est que, dans la grande majorité des cas, il est entouré par une zone claire, très mince, mais très nette. Dans quelques cas cependant, cette zone ou cette auréole claire fait défaut. Quand on étudie la structure du protoplasme qui environne le petit corpuscule, on n'y découvre rien de particulier, rien de spécial; le protoplasme présente absolument la même structure que dans les autres parties de la cellule; il n'est ni plus dense, ni plus homogène, ni plus granuleux que le reste du protoplasme cellulaire. Il nous a été impossible de retrouver même une trace de radiations protoplasmatiques partant du corpuscule comme centre. Dans le cas présent, on ne peut donc pas parler de sphère, à moins que la zonule claire entourant le corpuscule ne la représente? Nous n'osons nous prononcer à cet égard.

Une question intéressante est celle de la position du corpuscule au sein du protoplasme. Il nous semble difficile d'énoncer à ce sujet une proposition générale. Les faits suivants cependant paraissent offrir une certaine constance :

Le corpuscule n'apparaît jamais dans les couches périphériques du protoplasme cellulaire; il ne se trouve non plus jamais appliqué contre le noyau.

Il existe toujours entre le noyau et le corpuscule un espace assez notable.

Dans la grande majorité des cas, le corpuscule se trouve plus rapproché du noyau que de la périphérie.

Un dernier fait est digne de fixer l'attention. La plupart des cellules dans lesquelles le corpuscule existe, sont allongées; dans cette circonstance, le noyau et le corpuscule se trouvent, en même temps, sur le plus grand diamètre de la cellule.

Tels sont les détails que nous révèle l'examen microscopique d'un grand nombre de coupes de ganglions spinaux de Chiens et de Lapins rabiques.

Ce serait une erreur de croire cependant que les choses se présentent toujours d'une façon aussi simple.

Si, dans beaucoup de cellules, on observe les choses comme nous venons de les décrire, dans d'autres, au contraire, elles sont un peu plus complexes. En effet, dans maintes cellules, le corpuscule n'apparaît pas unique; on en trouve deux. Exceptionnellement les deux corpuscules ont la même grandeur, possèdent la même avidité pour les colorants et sont entourés de la zonule claire dont nous avons parlé plus haut. Généralement les choses se présentent de la façon suivante : On découvre un corpuscule bien net et présentant les caractères que nous venons de décrire il y a un instant; en regardant, on aperçoit un second corpuscule, situé dans la plupart des cas à proximité du premier, mais présentant un volume plus petit, une coloration plus faible et parfois une zonule claire environnante. Entre les deux corpuscules, on ne découvre ni radiations ni striations du protoplasme. Il nous a été possible dans quelques cas de trouver les deux corpuscules situés à une distance assez grande l'un de l'autre.

Qu'il nous soit permis de faire une remarque au sujet de ces deux corpuscules. Il nous semble que le second, généralement plus petit et moins caractéristique, *dérive* du premier.

Nous croyons pouvoir nous baser sur les trois arguments suivants :

Il nous a été possible de trouver les deux corpuscules intimement accolés l'un à l'autre.

Quand il existe deux corpuscules, le volume du plus grand est plus petit que celui du corpuscule qui apparaît dans les cellules qui n'en possèdent qu'un seul.

Enfin, nous avons pu observer des cas (fig. 11) où les deux corpuscules étaient reliés par un très mince filament coloré et présentant un petit renflement. Il est probable que dans ces cas la division a été incomplète, que la scission n'a pas été nette et franche, qu'elle a subi une perturbation.

Après cette description s'impose la question de la signification du corpuscule. Ses caractères, sa forme, son avidité pour les colorants nucléaires, sa division (?) nous font incliner vers l'opinion que nous sommes en présence d'un vrai centrosome, qui à l'état normal n'est pas visible.

Cette interprétation, que nous croyons être la bonne, ne manque pas d'intérêt, pensons-nous, à un point de vue général, puisque l'apparition du centrosome dans une cellule nerveuse semble avoir été méconnue jusqu'à ce jour, au moins chez les Vertébrés.

L'apparition du centrosome dans les cellules nerveuses des ganglions spinaux d'animaux morts de rage, est de nature à jeter quelque lumière sur le processus pathologique rabique. Nous croyons avoir démontré que, dans

cette affection, le virus possède une électivité toute spéciale pour les ganglions cérébro-spinaux et sympathiques. Son influence se fait surtout sentir sur les éléments interstitiels : production de tubercules rabiques, prolifération active des cellules endothéliales de la capsule entourant les cellules ganglionnaires. De plus, il n'y a aucun doute sur l'influence manifeste du virus sur les cellules nerveuses elles-mêmes, influence qui se fait sentir à la fois sur le protoplasme et sur le noyau. Pour le protoplasme, nous avons signalé comme modifications caractéristiques : la chromolyse, l'état spirémateux (1), l'atrophie du corps cellulaire, la vacuolisation, l'apparition de granulations hyalines, etc. Les modifications nucléaires ne sont pas moins intéressantes. Golgi, Babès, Germano et Capobianco ont décrit, dans les cellules nerveuses d'animaux rabiques, des figures de karyokinèse; ces figures n'ont pas été retrouvées par beaucoup d'auteurs; nous-même, malgré la grande quantité de matériel examiné, nous n'avons jamais pu saisir la moindre trace de karyokinèse, pas même un commencement. Sabrazès et Cabannes émettent une opinion analogue dans leur étude sur un cas de rage humaine. Voici comment ils s'expriment : «... Le nucléole se réduit et l'on remarque, au milieu du suc nucléaire, des filaments chromatiques légèrement onduleux et entrecroisés, soit groupés, soit distribués sans ordre... Exceptionnellement, la membrane nucléaire, le réseau de linine, le nucléole ont disparu; au noyau primitif s'est substitué un véritable peloton chromatique

---

(1) Voir à ce sujet : Ch. Nelis, *Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme)* [Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, *sciences*, 1899, pp. 102-125].

reporté à la périphérie de la cellule. En dehors de cet état du noyau bien digne de fixer l'attention, on ne relève dans les cellules nerveuses aucune phase karyokinétique régulière, ni centrosomes, ni fuseau, ni formation d'aster, ni trace de segmentation... Le noyau de ces cellules ne reste pas absolument inerte : il réagit sous l'influence de l'excitation morbide, mais les tendances proliferatives qu'il manifeste avortent prématurément (1). »

Nous avons soutenu, et telle est encore notre opinion aujourd'hui, que les modifications dont le noyau est le siège sous l'influence du processus rabique, ne sont que des phénomènes de régression, d'atrophie. Aujourd'hui cependant, en présence de l'existence du centrosome dans les cellules nerveuses des ganglions spinaux pendant l'infection rabique, nous sommes amené à croire que cette régression et cette atrophie nucléaires sont précédées de modifications particulières dans le corps protoplasmique. Il y aurait en quelque sorte dans le protoplasme une *tentative de prolifération*, si l'on peut s'exprimer ainsi, se manifestant par l'*apparition du centrosome*.

Voici comment on pourrait se figurer les phases successives du processus : Le virus rabique, ayant une électivité spéciale pour les ganglions spinaux, exerce sur les cellules de ces ganglions une action irritative. Cette irritation détermine une tendance à la division se traduisant au dehors par l'apparition du centrosome. Celui-ci se divise (?) et les deux centrosomes produits (?) tendent à émigrer dans deux directions opposées. A ce

---

(1) Sabrazès et Cabannes, *Note sur les lésions des cellules nerveuses de la moelle dans la rage humaine.* (Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière, 1897.)

moment, toute tentative de division avorte et le noyau qui jusqu'alors était demeuré inerte, entre d'emblée dans une phase de dégénérescence.

*Conclusions.*

A l'état normal, un centrosome n'est pas visible dans les cellules nerveuses des Mammifères.

Le processus pathologique rabique détermine l'apparition du centrosome dans les cellules nerveuses des ganglions spinaux chez le Chien et chez le Lapin.

Au cours de cette infection, le centrosome ne reste pas inerte; il semble se diviser (?) en deux; les deux centrosomes tendent à se séparer et à émigrer dans deux directions opposées.

Les modifications nucléaires des cellules nerveuses au cours de l'infection rabique représentent pour nous des phénomènes de régression, d'atrophie, précédés d'une *tendance* à la prolifération qui avorte prématurément, tendance se traduisant uniquement par l'apparition du centrosome au sein du protoplasme, sa division probable et le commencement de migration des deux centrosomes nouvellement formés.

En terminant ce travail, nous sommes heureux de pouvoir renouveler l'expression de notre gratitude envers M. le professeur Van Gehuchten pour les encouragements et les conseils qu'il ne cesse de nous prodiguer durant le cours de nos recherches. Nous témoignons aussi nos plus vifs remerciements envers M. De Neeff pour la confection de nos dessins.

Laboratoire de neurologie de l'Institut Vésale.
Louvain, 13 octobre 1899.

BULL. DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, 1899, p. 75.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

C. DE NEEFF.

G. LAVALETTE, sc.

Ch. NELIS

## EXPLICATION DES FIGURES.

Objectif à immersion homogène à 2 millimètres de Zeiss.
Oculaire compensateur n° 4.

FIG. 1, 2, 3. Fixation au liquide de Gilson. Coloration à la safranine et à l'acide picrique. Centrosome unique pourvu de la zonule claire. Ganglion spinal de Lapin rabique.

FIG. 4, 5, 6. Fixation dans notre liquide. Hématoxyline et picro-carmin. Cellules de Lapin rabique.

FIG. 7, 8, 11. Même fixation ; deux centrosomes.

FIG. 9, 10. Fixation au liquide de Flemming. Safranine. Deux centrosomes.

---

### ÉLECTIONS ET PRÉPARATIFS DE LA SÉANCE PUBLIQUE.

La Classe renouvelle le mandat des membres de sa Commission spéciale des finances pour 1900. M. Lancaster remplacera M. Gluge, décédé.

Elle se constitue ensuite en comité secret pour la discussion des titres des candidats présentés pour les places vacantes. La liste est définitivement adoptée.

Elle arrête ensuite les préparatifs de la séance publique annuelle, laquelle aura lieu le dimanche 17 décembre, à 2 heures, dans la grande salle des séances solennelles.

## CLASSE DES SCIENCES.

*Séance du 16 décembre 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Lagrange, *vice-directeur;* le baron Edm. de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Fr. Crépin, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, Louis Henry, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, J. Deruyts, Léon Fredericq, J.-B. Masius, J. Neuberg, Alb. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* P. Francotte, *correspondant.*

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture d'une lettre de M. le comte P. de Borchgrave d'Altena, chef du Cabinet du Roi, exprimant les regrets de Leurs Majestés de ne pouvoir assister à la séance publique de la Classe.

Il communique ensuite des lettres de M. J. de Trooz,

Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique et de M. F. Schollaert, ancien chef du même Département, — celui-ci invité spécialement en raison des importants crédits qu'il avait fait voter par la Législature pour l'Expédition antarctique belge, — acceptant tous les deux l'invitation qui leur avait été faite d'honorer cette séance publique de leur présence.

MM. les Ministres des Finances et des Travaux publics, de l'Agriculture, de la Guerre et de l'Industrie et du Travail, ainsi que les Présidents des sociétés scientifiques de Bruxelles, invités à la même solennité, adressent leurs remerciements à la Classe.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une ampliation de l'arrêté royal en date du 27 novembre, décernant à l'œuvre de M. Louis Henry, professeur à l'Université de Louvain, membre de l'Académie, le prix décennal de chimie et de physique expérimentales pour la période transitoire de 1894-1898.

— L'Académie royale des sciences de Berlin invite l'Académie à se faire représenter à la célébration de son 200e anniversaire de fondation qui aura lieu les 19 et 20 mars 1900.

M. le Secrétaire perpétuel représentera l'Académie à cette solennité.

— La Commission d'organisation du Congrès international des sciences ethnographiques fait savoir que ses séances se tiendront du 26 août au 1er septembre 1900, au Palais des Congrès, à Paris.

---

# JUGEMENT DU CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1898.

## SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Trois mémoires portant respectivement les devises suivantes :

Le premier : *Geometry is hard* (J.-H.-S. Smith) ;
Le deuxième : Ἀριθμοί νέμουσι τόπον ;
Le troisième : *Itinera ad verum,*

ont été soumis en réponse à la question suivante du programme pour 1898 dont le délai pour la remise des manuscrits était fixé au 1er août de cette même année :

« *Apporter une contribution importante à l'étude des correspondances* (Verwandtschaften) *que l'on peut établir entre deux espaces.*

» L'Académie accepterait par exemple une étude des connexes à deux séries de variables homogènes dans le sens des recherches de Clebsch (voir *Vorlesungen über Geometrie,* chap. VII) ; de même on pourrait répondre par une étude géométrique et analytique de l'équation

$$\begin{aligned} &a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{44}x_4^2 \\ &+ 2a_{12}x_1x_2 + 2a_{13}x_1x_3 + 2a_{14}x_1x_4 \\ &+ 2a_{23}x_2x_3 + 2a_{24}x_2x_4 + 2a_{34}x_3x_4 = 0, \end{aligned}$$

dans laquelle les coefficients sont des fonctions du second degré des variables $y_1$, $y_2$, $y_3$, $y_4$. »

**Rapport de M. Neuberg, premier commissaire.**

« L'Académie avait déjà demandé en 1892 et 1894 une contribution importante à l'étude des correspondances entre deux espaces. Le concours n'ayant pas donné de résultat, elle a maintenu la même question pour le programme de 1898, en attirant l'attention sur les recherches de Clebsch concernant les connexes, recherches qu'elle jugeait susceptibles de développements intéressants dans différentes directions. Cette indication a eu un plein succès; car il est arrivé en réponse trois mémoires importants dont chacun, s'il était présenté seul, serait digne de la palme. Les trois travaux rentrent dans le programme, mais en traitent des parties distinctes, circonstance qui rend la tâche des commissaires particulièrement difficile.

Voici les titres et les devises de ces mémoires :

I. *Recherches relatives aux connexes de l'espace* (88 pp. in-4°).

« Geometry is hard. » (J.-H.-S. Smith.)

II. *Sur les formes quaternaires à deux séries de variables; applications à la géométrie et au calcul intégral* (285 pp. in-4°).

« Ἀριθμοί νέμουσι τόπον. »

III. *Une contribution à l'étude des correspondances que l'on peut établir entre* k *espaces* (76 pp. in-4°).

« Itinera ad verum. »

Je vais analyser succinctement ces travaux; pour

la facilité du langage, j'en désigne les auteurs respectivement par les lettres X, Y, Z.

*Mémoire I.* — M. X étend à l'espace à trois dimensions quelques-unes des propriétés des connexes plans étudiées par Clebsch (*Vorlesungen über Geometrie,* vol. I, chap. VII, pp. 936-978); il s'arrête au point où la théorie des connexes se lie à celle des équations aux dérivées partielles.

Il n'est peut-être pas inutile de résumer ici les notions fondamentales sur la matière.

Un connexe $(m, n)$ [ou aussi connexe $(x, u)$] de l'espace est défini par une équation de la forme

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4; u_1, u_2, u_3, u_4) = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

ou symboliquement

$$a_\alpha^m u_\alpha^n = 0,$$

homogène et de degré $m$ par rapport aux coordonnées $x_1$, $x_2$, $x_3$, $x_4$ d'un point $x$, homogène et de degré $n$ par rapport aux coordonnées $u_1$, $u_2$, $u_3$, $u_4$ d'un plan $u$. La réunion d'un point $x$ et d'un plan $u$ dont les coordonnées vérifient l'équation (1), est dite former un *élément* du connexe. En général, à un même point $x$ on peut associer une infinité de plans $u$ pour constituer des éléments du connexe; ces plans enveloppent une surface $T_n$, de la classe $n$, représentée par l'équation (1) où les $u$ sont variables. De même un plan donné $u$ peut être associé à une infinité de points $x$; ces points appartiennent à une surface $S_m$, de l'ordre $m$, représentée par l'équation (1) où les $x$ sont variables. Si $n = 1$, $T_n$ se réduit à un point; si $m = 1$, $S_m$ se réduit à un plan; enfin le connexe (1, 1) fait correspondre à un point $x$ les plans d'une gerbe ou, si l'on

veut, le sommet de cette gerbe, et à un plan $u$ tous les points d'un plan ou, si l'on veut, ce dernier plan.

Soit $(x, u)$ un élément du connexe, et appelons $y$ le point de contact de $u$ avec la surface $T_m$ qui correspond au point $x$, $v$ le plan tangent en $x$ à la surface $S_m$ qui correspond au plan $u$. On peut étudier les *liaisons* $(x, y)$, $(v, u)$ et le *connexe conjugué* $(v, y)$. M. X indique deux méthodes pour trouver les équations de ces liaisons, cherche leurs degrés par rapport aux deux séries de variables et en donne diverses interprétations remarquables; la forme symbolique de ces équations est assez simple quand il s'agit respectivement des connexes $(m, 2)$ ou $(2, n)$. Les propriétés des connexes $(m, 1)$, $(1, n)$ doivent être examinées à part, parce que les surfaces $T_m$ ou $S_m$ se réduisent alors à un point ou à un plan. L'auteur signale cette propriété curieuse du connexe $(m, 1)$ d'avoir $(m^2 + 1)(m + 1)$ *points fondamentaux* (un point est dit fondamental quand tous les plans associés passent par ce point); il examine aussi combien de ces points peuvent être pris arbitrairement. Semblablement, un connexe $(1, n)$ possède $(n^2 + 1)(n + 1)$ *plans fondamentaux*.

Le connexe conjugué $(v, y)$ joue un rôle important. Son équation résulte de l'élimination des quantités $\rho$, $\sigma$, $x_i$, $u_i$ entre les équations

$$\rho v_i = \frac{df}{dx_i}, \quad \sigma y_i = \frac{df}{du_i}, \quad f = 0. \quad (i = 1, 2, 3, 4).$$

La première définition de ce connexe étant convenablement modifiée, on peut appliquer à la recherche de son équation les méthodes symboliques de Clebsch et Aronhold en opérant seulement sur une forme biternaire.

Les mêmes calculs étant effectués sur les connexes $(m, 1)$ ou $(1, n)$, exigent une interprétation géométrique particulière.

M. X fait ressortir les relations qui existent entre un connexe primitif $(x, u)$, les liaisons $(x, y)$ et $(v, u)$, et le connexe conjugué $(v, y)$; il en conclut que *tout connexe est le conjugué de son conjugué.*

Une question présentant assez de difficultés est la détermination de l'ordre et de la classe du connexe conjugué. Ces nombres dépendent des singularités nécessaires du connexe primitif.

Un chapitre spécial du mémoire est consacré au *connexe conjugué réglé.* Considérons un élément quelconque $(x, u)$ d'un connexe donné, et appelons $e$ une droite menée par $x$ dans le plan $v$ qui touche en $x$ la surface $S_m$ relative à $u$, $f$ une droite menée dans le plan $u$ par le point de contact $y$ de $u$ avec la surface $T_n$ relative à $x$. Chacun des couples $(x, f)$, $(e, u)$, $(e, f)$ est un *élément* d'un être géométrique, dont on peut chercher la définition algébrique en introduisant les coordonnées pluckériennes des droites $e$, $f$. On obtient ainsi de nouvelles formes mixtes entre deux séries de coordonnées. M. X appelle connexe conjugué réglé d'un connexe donné l'ensemble des éléments $(e, f)$.

L'ensemble des éléments $(x, u)$ communs à deux connexes est appelé une *coïncidence.* On nomme *coïncidence principale* l'ensemble des éléments $(x, u)$ d'un connexe donné qui se trouvent en *situation réunie* ou l'ensemble *des incidences* du connexe; elle est définie par le système d'équations

$$a_\alpha^m u_\alpha^n = 0,$$

$$u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3 + u_4 x_4 = 0,$$

dont la seconde représente le *connexe identique.*

M. X traite un grand nombre de questions intéressantes relatives aux coïncidences.

J'ai essayé de donner une idée générale des matières formant l'objet du mémoire I. Les limites imposées au présent rapport m'empêchent, à mon grand regret, d'en citer quelques résultats remarquables et de faire connaître les méthodes employées. L'auteur est parfaitement au courant des travaux de ses devanciers et manie très bien le calcul symbolique. Son travail, écrit avec méthode et clarté, constitue une contribution importante à un chapitre où il reste encore beaucoup à explorer.

*Mémoire II.* — Ce mémoire complète en quelque sorte le précédent en développant, pour les connexes dans l'espace, les autres parties du programme tracé pour les connexes plans dans les *Vorlesungen* de Clebsch.

M. Y ne considère que les *éléments principaux* d'un connexe donné, ou la coïncidence principale; il les appelle *éléments* tout court et donne encore à leur ensemble le nom de *connexe*. En général, les plans $u$ qu'on peut associer à un point donné $x$ enveloppent un cône $C_n$, circonscrit à la surface $T_n$; les points $x$ qui forment des éléments avec un même plan $u$ appartiennent à une courbe $C_n$, intersection de $u$ avec la surface $S_m$. Tout l'espace comprend $\infty^5$ éléments (principaux); un connexe en détache $\infty^4$, et l'intersection de $r$ connexes ($r < 4$) (c'est-à-dire l'ensemble des éléments situés à la fois sur ces connexes) se compose de $\infty^{5-r}$ éléments et est dite constituer une *variété* $G_{5-r}$.

Les *coordonnées homogènes* de l'élément $(x, u)$ sont les huit quantités $x_i$, $u_i$, liées maintenant par la relation

$\Sigma ux = 0$. Les *coordonnées absolues* sont supposées vérifier deux égalités données du premier degré,

$$e_u \equiv e_1x_1 + e_2x_2 + e_3x_3 + e_4x_4 = 1,$$
$$g_u \equiv g_1u_1 + g_2u_2 + g_3u_3 + g_4u_4 = 1;$$

$e_1, e_2, e_3, e_4$ sont les coordonnées d'un plan appelé *plan à l'infini*, et $g_1, g_2, g_3, g_4$ sont les coordonnées d'un point appelé *point à l'infini*. Si $x, y, z$ sont les coordonnées (cartésiennes) d'un point $m$, et

$$Z - z = p(X - x) + q(Y - y)$$

l'équation d'un plan M passant par $m$, les *coordonnees de Lie* de l'élément ($m$, M) sont les quantités $x, y, z, p, q$, et l'équation d'un connexe est de la forme

$$f(x, y, z, p, q) = 0.$$

Une *variété intégrale* de ce connexe est la réunion des éléments ($m$, M) qui correspondent à une intégrale de l'équation aux dérivées partielles

$$f(x,y,z,p,q) = 0, \quad \text{où} \quad p = \frac{dz}{dx}, \quad q = \frac{dz}{dy}.$$

Le passage des coordonnées de Lie aux coordonnées homogènes peut se faire par les formules:

$$\frac{x}{x_1} = \frac{y}{x_2} = \frac{z}{x_3} = \frac{1}{x_4}, \quad \frac{p}{u_1} = \frac{q}{u_2} = -\frac{1}{u_3} = \frac{z - px - qy}{u_4}.$$

Pour définir directement les variétés intégrales, M. Y introduit la notion du *déplacement infinitésimal* qui amène un élément ($x$, $u$) sur l'élément infiniment voisin ($x + dx$, $u + du$). Un élément ($x$, $u$) est susceptible de $\infty^4$ *directions*

*d'avancement*, caractérisées par les rapports des différentielles des coordonnées de Lie, ou par les différentielles $dx_i$, $du_i$, entre lesquelles existent les trois relations

$$\Sigma u dx = 0, \quad \Sigma g du = 0, \quad \Sigma u dx + \Sigma x du = 0.$$

Si l'élément $(x, u)$ ne peut avancer que sur un connexe donné $f(x; u) = 0$, on a en outre la relation

$$\Sigma \frac{df}{dx} dx + \Sigma \frac{df}{du} du = 0,$$

de sorte qu'il n'y a plus que $\infty^3$ directions d'avancement.

Une direction d'avancement est complètement déterminée par la connaissance de ses *indicatrices* X, U, pourvu que celles-ci ne se coupent pas : X est la droite qui joint les points $x$, $x + dx$, et U est l'intersection des plans $u$, $u + du$.

Lorsque X et U se rencontrent, U passe par $x$ et X est dans le plan $u$; on a alors $\Sigma u dx = 0$, $\Sigma x du = 0$, et la direction d'avancement n'est plus déterminée; les éléments $(x, u)$, $(x + dx, u + du)$ sont maintenant en *situation réunie*. Il peut aussi arriver que X et U se confondent ou que l'une de ces droites soit indéterminée.

Une *variété intégrale* est une réunion d'éléments $(x, u)$, telle que deux éléments infiniment voisins quelconques sont en situation réunie; elle est à une ou deux dimensions seulement. On peut distinguer six types de variétés intégrales :

1° L'élément $(x, u)$ *adhère* constamment à une surface fixe non développable, c'est-à-dire $x$ est un point quelconque de cette surface et $u$ est le plan tangent correspondant ($\infty^2$ points $x$, $\infty^2$ plans $u$);

2° L'élément $(x, u)$ adhère constamment à une courbe

non rectiligne : $u$ est un plan *quelconque* mené par la tangente au point $x$ de la courbe ($\infty$ points $x$, $\infty^2$ plans $u$) ;

3° L'élément $(x, u)$ adhère constamment à une surface développable : $u$ est un plan tangent quelconque de cette surface, $x$ un point quelconque de la génératrice rectiligne correspondante ($\infty^2$ points $x$, $\infty$ plans $u$) ;

4° $x$ est sur une droite fixe, par laquelle passe constamment $u$ ($\infty$ points $x$, $\infty$ plans $u$) ;

5° $x$ est fixe (un point $x$, $\infty$ ou $\infty^2$ plans $u$; le cas de $\infty$ plans donne un cône) ;

6° $u$ est fixe (un plan $u$ ; $\infty$ ou $\infty^2$ points $x$, suivant que le point $x$ parcourt une courbe déterminée ou tout le plan $u$).

En général, pendant un déplacement infiniment petit de l'élément $(x, u)$, $x$ décrit une courbe et $u$ roule sur une développable : X est la tangente à la courbe, et U la génératrice rectiligne de la développable. Si l'élément $(x, u)$ adhère constamment à une surface non développable, X et U sont deux tangentes conjuguées de l'indicatrice de Dupin.

L'auteur applique les notions sur le déplacement infinitésimal d'un élément $(x, u)$ aux variétés intégrales contenues dans un connexe ou un système de connexes, sans cependant vouloir traiter à fond l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.

Nous venons d'analyser rapidement la première partie du mémoire. La deuxième partie est consacrée à une étude assez approfondie des connexes linéaires $f(x ; u) = 0$; elle débute par la recherche des *éléments fondamentaux*. Si l'on ne tient pas compte de la condition $\Sigma ux = 0$, tous les plans $u$ qu'on peut associer à un point donné $x$

passent par un même point $y$, de coordonnées $\frac{df}{du_i}$; le point $x$ devient *fondamental* s'il se confond avec le point $y$. On a alors

$$\rho x_1 = \frac{df}{du_1}, \quad \rho x_2 = \frac{df}{du_2}, \quad \rho x_3 = \frac{df}{du_3}, \quad \rho x_4 = \frac{df}{du_4};$$

l'élimination de $x_1$, $x_2$, $x_3$, $x_4$ entre ces égalités conduit à une équation du quatrième degré en $\rho$, qui se présente aussi dans la recherche des *plans fondamentaux*. Si cette équation admet quatre racines distinctes, le connexe admet un tétraèdre dont les sommets sont des points fondamentaux et dont les faces sont des plans fondamentaux. Le connexe étant rapporté au même tétraèdre, son équation prend la forme très simple

$$k_1 x_1 u_1 + k_2 x_2 u_2 + k_3 x_3 u_3 + k_4 x_4 u_4 = 0.$$

Une propriété remarquable est que les droites $xy$ rencontrent les faces du tétraèdre en quatre points dont le rapport anharmonique est constant : elles appartiennent à un complexe tétraédral, qui comprend aussi les droites $uv$, $v$ désignant le plan des points $x$ associés au plan $u$.

M. Y examine soigneusement toutes les particularités que peut présenter l'équation en $\rho$, et arrive ainsi à distinguer dix types de connexes linéaires, à chacun desquels correspond une forme canonique distincte.

De ces formes canoniques, il déduit aisément les variétés caractéristiques de l'équation de Jacobi,

$$L(z - px - qy) + Mp + Nq + R = 0,$$

où L, M, N, R sont des polynômes quelconques du premier degré en $x$, $y$, $z$.

Si l'on considère deux connexes linéaires et le faisceau linéaire correspondant, ayant respectivement pour équation

$$\mathfrak{A}(x; u) = 0, \quad \mathfrak{B}(x; u) = 0, \quad \mathfrak{P}_{\lambda\mu} \equiv \lambda\mathfrak{A} + \mu\mathfrak{B} = 0,$$

il se présente un grand nombre de questions intéressantes. Par exemple, il existe des points $x$ qui ont les mêmes plans associés $u$ dans tous les connexes de $\mathfrak{P}$; ces points sont situés sur une courbe C du sixième ordre. De même, les plans $u$ qui ont les mêmes points associés $x$ dans tous ces connexes, enveloppent une développable $\Gamma$ de la sixième classe. C est aussi le lieu des points fondamentaux, et $\Gamma$ est l'enveloppe des plans fondamentaux des connexes du faisceau $\mathfrak{P}$.

Trois connexes linéaires $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ ont en commun $\infty^2$ éléments $(x, u)$. Les points $x$ de ces éléments parcourent une surface X du quatrième ordre, et les plans $u$ enveloppent une surface U de la quatrième classe; les points de X et les plans tangents à U se correspondent birationnellement. X est aussi le lieu des points fondamentaux, et U est l'enveloppe des plans fondamentaux des connexes du réseau

$$\mathfrak{P}_{\lambda\mu\nu} \equiv \lambda\mathfrak{A} + \mu\mathfrak{B} + \nu\mathfrak{C} = 0.$$

Ces surfaces X et U donnent lieu à des développements très curieux. Ainsi, lorsqu'elles coïncident, elles forment une intégrale commune aux trois équations de Jacobi qui correspondent aux connexes $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$.

La deuxième partie du mémoire se termine par l'étude des systèmes de quatre ou cinq connexes linéaires et par celle des connexes de classe un, auxquels on peut étendre

un grand nombre des propriétés afférentes aux connexes linéaires.

La troisième partie, intitulée : *Des substitutions crémoniennes*, étend à l'espace des recherches intéressantes publiées par M. Léon Autonne sur les connexes plans; mais il convient de remarquer que les faits mathématiques prennent maintenant une complication et une ampleur plus grandes. L'étendue de ces développements et leur caractère spécial ne nous permettent pas d'en donner une analyse en rapport avec leur importance; nous devons nous contenter de donner une idée sommaire de leur objet, sans parler en détail des méthodes employées.

Supposons qu'à chaque élément $(x, u)$ de l'espace on fasse correspondre un élément $(y, v)$ au moyen des *formules*

$$(1) \qquad \rho y_i = \varphi_i(\overset{m}{x}; \overset{m'}{u}), \quad \sigma v_i = \psi_i(\overset{n}{x}; \overset{n'}{u}), \quad (i = 1, 2, 3, 4),$$

où $\varphi_i$ et $\psi_i$ sont des formes biquaternaires respectivement des degrés $m$ et $m'$, $n$ et $n'$ en $x_i$ et $u_i$; $\rho$ et $\sigma$ sont des facteurs de proportionnalité qui résultent des égalités $\Sigma cy = 1$, $\Sigma gv = 1$. On convient de représenter la transformation précédente par la substitution

$$(2) \quad \ldots\ldots \quad s = \begin{vmatrix} x_i & \varphi_i(\overset{m}{x}; \overset{m'}{u}) \\ u_i & \psi_i(\overset{n}{x}; \overset{n'}{u}) \end{vmatrix}$$

Si la transformation est birationnelle, on déduit des formules (1) pour $x$, $u_i$ des valeurs qui sont rationnelles en $y$ et $v_i$, par exemple

$$\rho' x_i = \theta_i(\overset{p}{y}; \overset{p'}{v}), \quad \sigma' u_i = \eta_i(\overset{q}{y}; \overset{q'}{v}).$$

On a nécessairement

$$\theta_i(\varphi;\ \psi) = x_i P(x;\ u),\quad \varphi_i(\theta;\ \eta) = y_i Q(y;\ v),$$
$$\eta_i(\varphi;\ \psi) = u_i P'(x;\ u),\quad \psi_i(\theta;\ \eta) = v_i Q'(y;\ v),$$

P, P', Q, Q' étant des fonctions rationnelles; de plus, comme il s'agit d'éléments principaux $(x, u)$, $(y, v)$, on trouve

$$\Sigma\varphi\psi = 0,\quad \Sigma\theta\eta = 0.$$

M. Y appelle *substitution crémonienne* ou simplement *crémonienne* toute transformation birationnelle qui conserve la situation réunie de deux éléments infiniment voisins. Toute crémonienne est donc une *transformation de contact* et change une variété intégrale en une autre variété intégrale. La *condition de contact* s'exprime par les égalités

$$\Sigma\psi d\varphi = \Sigma\varphi d\psi = 0,\quad \Sigma\theta d\eta = \Sigma\eta d\theta = 0.$$

On voit aisément que le produit de deux crémoniennes est aussi une crémonienne; par suite les crémoniennes forment un groupe, le groupe crémonien.

Représentons par $\omega$ le polynôme $\Sigma ux$, par $\alpha_i$, $\beta_i$ des formes biquaternaires en $x$ et $u$ respectivement des degrés $m-1$ et $m'-1$, $n-1$ et $n'-1$; la substitution (2) est équivalente à celle-ci :

$$(3)\qquad \ldots\ldots\ldots \begin{vmatrix} x_i & \varphi_i + \omega\alpha_i \\ u_i & \psi_i + \omega\beta_i \end{vmatrix}$$

et les dérivées partielles $\frac{d\varphi_i}{dx_j}$, $\frac{d\psi_i}{du_j}$, etc., sont maintenant remplacées par

$$\frac{d\varphi_i}{dx_j} + u_j\alpha_i,\qquad \frac{d\varphi}{du_j} + x_j\alpha_i,\ \text{etc.}$$

On n'a à étudier que les *propriétés permanentes* de la substitution (3), c'est-à-dire celles qui sont indépendantes des fonctions arbitraires $\alpha_i$, $\beta_i$.

Dans l'étude des crémoniennes, certaines matrices, telles que

$$(\varphi) = \left\| \begin{matrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} \\ \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44} \\ u_1 & u_2 & u_3 & u_4 \end{matrix} \right\|, \qquad (\varphi') = \left\| \begin{matrix} \varphi'_{11} & \varphi'_{12} & \varphi'_{13} & \varphi'_{14} \\ \varphi'_{21} & \varphi'_{22} & \varphi'_{23} & \varphi'_{24} \\ \varphi'_{31} & \varphi'_{32} & \varphi'_{33} & \varphi'_{34} \\ \varphi'_{41} & \varphi'_{42} & \varphi'_{43} & \varphi'_{44} \\ x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{matrix} \right\|, \text{ etc.}$$

$$\left( \varphi_{ij} = \frac{d\varphi_i}{dx_j}, \quad \varphi'_{ij} = \frac{d\varphi_i}{du_j}, \quad \text{etc.} \right)$$

jouent un grand rôle : elles se présentent dans les conditions de contact, et c'est l'évanouissement ou le non-évanouissement de ces matrices qui sert à classer et à construire les crémoniennes.

M. Y appelle *éléments fondamentaux* d'une crémonienne les éléments $(x, u)$ qui, au lieu de se transformer en un élément unique $(y, v)$, ont pour homologues tous les éléments d'une *variété fondamentale*, à une ou plusieurs dimensions; pour un pareil élément $(x, u)$, on a

$$\varphi_i = 0, \quad \text{ou} \quad \psi_i = 0, \quad \text{ou} \quad \varphi_i = \psi_i = 0.$$

Pour l'étude de ces éléments, l'auteur renvoie à un article de M. Autonne qui a pour objet un problème plus général.

Les *variétés primordiales* sont traitées avec beaucoup de développements. Une variété primordiale $P_n$, ou $P_n$,

afférente au plan $u$, ou au point $x$, est l'ensemble des éléments $(y, v)$ qui proviennent de la transformation crémonienne des éléments constitués par le plan $u$ et chacun des points de $u$, ou par le point $x$ associé à chacun des plans passant par $x$; c'est toujours une variété intégrale à deux dimensions.

L'importance des variétés primordiales résulte du théorème suivant : *Une même variété primordiale ne peut appartenir à deux crémoniennes distinctes.* Par conséquent, on peut prendre les primordiales pour base de l'étude des crémoniennes et classer les transformations d'après la nature de la primordiale. Cette classification peut être envisagée comme une généralisation complète, au point de vue de la dualité, de celle qui a été proposée par Lie pour les transformations de contact dans l'espace ordinaire à trois dimensions.

Une crémonienne étant supposée donnée, on peut se proposer de reconnaître la nature des variétés primordiales $P_u$, $P_x$. L'auteur démontre que ces variétés sont unicursales.

Inversement, étant donnée une variété primordiale $P_x$, ou $P_u$, on peut construire la crémonienne, qui est unique et bien déterminée. Lorsque la variété donnée est un point ou un plan, la transformation prend le nom de *crémonique;* elle peut toujours, la dualité aidant au besoin, être envisagée comme une *transformation ponctuelle prolongée* au sens de Lie et comme rentrant dans la catégorie de celles qui ont été étudiées par MM. Noether et Autonne.

Pour donner une idée de l'intérêt que présentent les derniers chapitres du mémoire, je résume, d'après M. Y, ce qui concerne la construction d'une crémonienne

admettant une surface primordiale donnée. Il existe alors entre les $x_i$ et les $y_i$ de deux éléments homologues $(x, u)$, $(y, v)$ une relation $f(x, y) = 0$, $f$ désignant une forme biquaternaire en $x_i$ et $y_i$. On peut tracer sur la surface primordiale un système de $\infty^2$ courbes algébriques entièrement analogue au *réseau homaloïde* de courbes planes lequel figure dans une transformation plane Cremona ; ces courbes gauches sont aussi du genre zéro, avec un seul point d'intersection mobile, et tous leurs points multiples sont des points fixes de la surface primordiale. Si l'on prend pour celle-ci une quadrique, le réseau homaloïde se compose de coniques, passant toutes par un point fixe de la quadrique primordiale ; les $\varphi_i$ sont des formes mixtes de degré et de classe deux, et les $\psi_i$ sont des formes mixtes de degré quatre et de classe deux.

La rédaction du mémoire II est très soignée. Une introduction et un résumé qui le précèdent en facilitent beaucoup la lecture. Il renferme un grand nombre de résultats originaux et traite avec succès les parties élevées du programme de Clebsch. L'Académie peut se féliciter d'avoir provoqué ce travail remarquable.

*Mémoire III.* — Ainsi que son titre l'indique déjà, ce mémoire va au delà du programme du concours. Cependant, je ne verrais pas là une raison de l'écarter s'il avait été présenté sous une forme qui en permît la publication immédiate. En en critiquant la rédaction, j'ai moins en vue les nombreux germanismes qui s'y rencontrent et les lacunes dans les indications bibliographiques, que le manque d'explications précises sur la terminologie et les notations employées, et le développement insuffisant de certaines démonstrations. La lecture de ce travail est très

difficile et l'on est souvent réduit à deviner la pensée de l'auteur.

Je reconnais volontiers que les recherches de M. Z sont de l'ordre le plus élevé et méritent de fixer l'attention des géomètres. Son mémoire a une réelle valeur scientifique; s'il avait été seul à concourir, j'aurais proposé à l'Académie de remettre au concours la question sous un énoncé plus général, afin de donner à l'auteur l'occasion de nous représenter son travail sous une forme perfectionnée, mieux appropriée aux questions délicates qu'il a abordées avec un succès remarquable.

Pour laisser à ce géomètre la propriété entière de ses résultats, je m'abstiendrai d'entrer dans l'analyse du fond.

Les conclusions qui me paraissent se dégager de l'examen attentif des trois mémoires, sont les suivantes :

Il y a lieu de décerner le prix des sciences physiques et mathématiques pour 1898 à l'auteur du mémoire intitulé :

*Sur les formes quaternaires à deux séries de variables; applications à la géométrie et au calcul intégral.*

« Ἀριθμοί νέμουσι τόπον. »

et de faire paraître ce travail dans les publications in-4° de l'Académie.

Le mémoire portant le titre :

*Recherches relatives aux connexes dans l'espace.*

« Geometry is hard. »

est digne d'une mention très honorable. »

Les deux autres commissaires, MM. Le Paige et De Tilly, se rallient à ces conclusions.

La Classe ratifie les conclusions des rapports de ses commissaires; elle décerne le prix proposé de *six cents francs* à M. Léon Autonne, ingénieur, maître de conférences à l'Université de Lyon, auteur du travail portant la devise : Ἀριθμοί νέμουσι τόπον.

Une mention très honorable est votée au mémoire : *Geometry is hard.*

—

## JUGEMENT DU CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1899.

—

### SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

#### PREMIÈRE QUESTION.

*On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides et des dissolutions.*

*Rapport de M. P. De Heen, premier commissaire.*

« Le mémoire portant la devise : *Scientia nobis hæc otia fecit*, débute par un historique assez complet des travaux entrepris sur la conductibilité des liquides.

Le chapitre Ier est consacré à l'analyse de ce qui se passe dans une colonne liquide cylindrique, de longueur infinie, dont la section supérieure est maintenue à température constante.

Les formules auxquelles l'auteur est conduit, résultent de l'application de la théorie de Fourier.

L'appareil ingénieusement conçu conduit l'auteur à des résultats très concordants, sur la valeur de la conductibilité calorifique de l'eau. D'abord les nombres obtenus sont le résultat d'un très grand nombre d'observations. Et on peut dire que les variations des conditions de l'expérience n'ont pas exercé d'influence sensible.

L'auteur détermine ensuite la conductibilité de plusieurs liquides. Le but poursuivi était de reconnaître le bon fonctionnement du procédé en faisant varier dans la plus grande mesure possible la viscosité et la conductibirité. Cependant, on peut regretter que l'auteur se soit livré à des mesures aussi laborieuses sur des liquides aussi mal définis que l'huile d'olive et l'huile de pieds de bœuf, par exemple. Ces déterminations se trouvent mentionnées dans le chapitre II.

Le chapitre III est consacré à des mesures relatives par la méthode du mur.

Cette méthode fournit des résultats très concordants avec ceux obtenus par la première méthode.

En résumé, l'auteur a fait un travail intéressant ; ses résultats sont d'accord avec ceux obtenus par d'autres physiciens, résultats qu'il était utile de vérifier en modifiant la méthode, eu égard aux grandes difficultés que comportent ces déterminations.

Ces modifications de méthode ont été réalisées, notamment en introduisant une méthode nouvelle pour mesurer le dicrément logarithmique dans le refroidissement d'une colonne cylindrique dont l'état initial est connu. Fourier dans ses calculs et Angstroem dans ses travaux ont procédé d'une manière différente. La méthode du mur telle

qu'elle est appliquée par l'auteur, renferme également des modifications ingénieuses.

Il y a cependant lieu de demander à l'auteur une rédaction plus claire, particulièrement en ce qui concerne l'exposé de sa théorie. Je demande à la Classe de bien vouloir maintenir la question au concours, ne doutant pas qu'une nouvelle rédaction et quelques recherches nouvelles ne mettent la Classe en mesure de décerner le prix à l'auteur. »

—

**Rapport de M. G. Van der Mensbrugghe, deuxième commissaire.**

« Ce mémoire porte comme devise : *Scientia nobis hæc, otia fecit.* Avant de passer à la description de ses propres expériences, l'auteur rappelle les principes généraux de la théorie de Fourier sur la conductibilité des corps pour la chaleur. Il fait ensuite l'historique des principaux travaux relatifs à la question; j'ai trouvé que cet historique n'est pas fait avec soin; l'auteur a négligé complètement l'une des recommandations faites spécialement aux concurrents : au lieu de faire des citations complètes, il ne donne ni les titres ni les années des diverses publications dont il parle. En outre, il oublie parfois d'indiquer le sens des lettres qui entrent dans les diverses formules sur lesquelles il s'appuie; il lui arrive même de parler d'une équation qui ne se retrouve pas dans son mémoire.

L'auteur résume les faits rappelés dans son historique en disant que :

1° La méthode de Weber laisse des doutes sur l'influence de la résistance au passage de la chaleur à laquelle pour-

rait être due la rapide variation des coefficients de conductibilité avec la température;

2° La méthode dite *du mur*, telle que l'a appliquée M. Berget, ne peut servir dans le cas des liquides mauvais conducteurs;

3° Il est intéressant de changer les méthodes et la forme des appareils, afin de montrer que les résultats en sont indépendants.

En conséquence, l'auteur s'est proposé d'appliquer la méthode de la colonne cylindrique chauffée par une extrémité à température constante, et de mesurer le coefficient de conductibilité intérieure en étudiant successivement l'état stationnaire et le refroidissement graduel. Pour échapper à l'influence de la convection plus ou moins prononcée à l'intérieur du liquide soumis à l'expérience, il a tenu compte, dans ses calculs, d'un coefficient de conductibilité dans des plans horizontaux aussi bien que d'un autre coefficient pour la direction verticale.

Le chapitre Ier du mémoire est consacré à la solution du problème par la méthode de Fourier; au lieu de renvoyer le lecteur à un chapitre particulier de l'ouvrage de l'illustre mathématicien, l'auteur écrit une série de formules sans en expliquer suffisamment le mode de déduction; n'aurait-il pas dû se rappeler que le lecteur n'est pas censé connaître à fond le sujet du mémoire?

Quant à la partie purement expérimentale du travail, je me rallie volontiers à l'appréciation favorable du premier commissaire; les nombreuses expériences de vérification auxquelles s'est livré l'auteur, font regretter la hâte avec laquelle semblent avoir été traitées la partie historique et la partie théorique de la question.

En résumé, j'estime que si l'auteur voulait apporter les

mêmes soins à ces deux dernières parties qu'à ses intéressantes expériences de vérification, son travail ainsi modifié mériterait les félicitations de l'Académie. C'est pourquoi j'ai l'honneur de proposer à la Classe que la question soit remise au concours pour l'année 1900. »

—

*Rapport de M. W. Spring, troisième commissaire.*

« En ma qualité de troisième commissaire, j'ai examiné ce mémoire en me plaçant surtout au point de vue *chimique* : le côté *physique* était d'ailleurs bien moins de ma compétence que de celle des deux savants premiers commissaires.

A ce point de vue spécial, il m'a paru regrettable que l'auteur n'ait pas appliqué ses méthodes à la détermination de la conductibilité de substances bien définies et faciles à obtenir à un degré de pureté suffisant.

Ses travaux sur la conductibilité de l'eau, de l'huile d'olive et de l'huile de pieds de bœuf ne sont que des préludes qui font désirer plus. Ce n'est pas assez d'avoir construit un bon instrument et d'avoir prouvé qu'on peut s'en servir avec succès. La science demande, avant tout, des résultats pouvant servir de base à d'autres travaux ou même à des spéculations. Il m'est avis que si l'auteur voulait rechercher comment varie la conductibilité pour la chaleur dans l'une ou l'autre *série naturelle de corps définis*, son travail gagnerait tout de suite une importance bien plus grande.

Je me rallie, par conséquent, aux conclusions de mes savants confrères, MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, savoir : de maintenir la question au programme du pro-

chain concours afin de permettre à l'auteur de revoir et de compléter son travail. »

La Classe, se ralliant aux conclusions des rapports de ses commissaires, a décidé de remettre la question au concours de 1900.

---

SCIENCES NATURELLES.

DEUXIÈME QUESTION.

*On demande des recherches anatomiques et systématiques sur les insectes du groupe des* APTERYGOTA (THYSANURA *et* COLLEMBOLA).

*Rapport de M. Plateau, premier commissaire*

« Le mémoire en réponse à la deuxième question de sciences naturelles : *On demande des recherches anatomiques et systématiques sur les insectes du groupe des* APTERYGOTA (THYSANURA *et* COLLEMBOLA) est une œuvre de longue haleine et très sérieuse.

L'auteur, partant de ce point que les Thysanoures ont été beaucoup étudiés et ont fait l'objet de recherches importantes de Oudemans, Grassi, Haase, Nassonow, Fernald, etc., tandis que l'ordre non moins intéressant, mais d'un examen bien plus difficile, des Collemboles, a été relativement négligé, s'est mis résolument à l'étude approfondie et aussi complète que possible de ces derniers insectes aptérygotes.

Au lieu de se borner, comme ses prédécesseurs, à la monographie d'une seule forme ou d'un petit nombre de formes, il a fait un examen minutieux de l'organisation du plus grand nombre possible d'espèces.

Il en a examiné vingt-huit dans l'ordre des Collemboles, soit huit Podurides, quatorze Entomobryides et six Smynthurides. C'était, on le comprend, le meilleur moyen d'arriver à des idées générales.

Si l'on songe aux difficultés pratiques que présente l'étude détaillée de l'anatomie d'insectes minuscules, dont les longueurs oscillent entre deux ou trois millimètres et un quart de millimètre, on est obligé de reconnaître que les résultats obtenus sont dignes d'éloges.

Pour l'ordre des Thysanoures, sur lequel on possédait, ainsi que je l'ai rappelé, un ensemble de connaissances étendu, l'auteur s'est borné à reprendre, chez cinq espèces types, l'examen attentif des détails morphologiques qui pouvaient rendre plus nettes les relations phylogénétiques existant entre les deux sections des Aptérygotes.

La première partie du mémoire est consacrée à la description de la structure de toutes les formes de Collemboles étudiées : segmentation du corps, appendices y compris l'appareil du saut, système nerveux, organes des sens, pièces buccales, tube digestif, appareil respiratoire, appareil reproducteur, sont passés en revue avec soin. L'auteur, se contentant de renvoyer aux descriptions publiées, lorsque celles-ci sont exactes, insiste au contraire, avec raison, soit sur les points nombreux au sujet desquels ses prédécesseurs avaient commis des erreurs, soit sur les faits nouveaux que ses patientes recherches lui ont fait découvrir.

A signaler particulièrement, dans cette première partie :

La description précise du système nerveux de *Podura aquatica* ;

La constatation de l'absence totale de système trachéen chez tous les Collemboles, à l'exception de *Smynthurus*, et la description du système trachéen de ce genre ;

La description des organes reproducteurs;

Celle d'un genre nouveau et d'une espèce nouvelle, *Megalothorax minimus*, caractérisée par la forme des antennes, l'énorme développement du thorax et la réduction de l'abdomen ;

Plus une foule de détails intéressants, tels que l'absence d'yeux dans le genre *Lipura*, le rôle d'organes d'adhérence de la soie en urne du tibia de *Tomocerus* et du capuchon terminal de la patte de *Smynthurus fuscus*, les glandes dorsales du septième segment des Smynthures, etc.

L'étude de chacune des trois sections des Podurides, des Entomobryides et des Smynthurides se termine, chaque fois, par des considérations sur les relations des genres entre eux et sur les rapports de la section avec les autres.

L'auteur consacre ensuite plusieurs pages à l'examen des dispositions qui lui paraissent les plus archaïques dans les trois sections des Collemboles, dans le but d'arriver aux caractères de la forme ancestrale de l'ordre entier, ce type ancestral devant lui permettre plus loin d'établir les relations des Collemboles avec les autres insectes.

Dans la deuxième partie du travail, l'auteur, après avoir résumé l'organisation des Thysanoures, aborde un certain nombre de points spéciaux particulièrement intéressants :

1° La bouche des Collemboles comparée à celle des Thysanoures Entotrophes.

Grassi a proposé une division des Thysanoures en deux sous-ordres, celui des Entotrophes, c'est-à-dire à pièces buccales enfoncées dans un tube (*Japyx* et *Campodea*), celui des Ectotrophes, à pièces buccales saillantes (*Machilis* et Lépismides).

La structure de la bouche de tous les Collemboles ayant amené, mais sans discussion, quelques-uns des auteurs récents à rapprocher ces Aptérygotes des Thysanoures Entotrophes, l'auteur du travail que nous analysons a voulu pousser l'examen comparatif aussi loin que possible.

Il décrit donc, avec grands détails, les pièces buccales de *Smynthurus fuscus* pris, à cet égard, comme type de Collembole, et celles de *Japyx solifugus*, choisi parmi les Thysanoures Entotrophes, et arrive à cette conclusion que, de part et d'autre, le caractère entotrophique résulte des mêmes dispositions de la lèvre inférieure et des palpes maxillaires.

2° Les glandes salivaires et les glandes céphaliques des Collemboles.

L'auteur décrit, pour la première fois, les véritables glandes salivaires qui, logées dans la région latéro-supérieure de la tête, se composent de chaque côté (excepté chez *Anura*) d'un paquet de grosses cellules. Leur canal excréteur débouche dans la cavité buccale.

Une deuxième paire de glandes, mais située plus postérieurement, existe aussi dans la tête des Collemboles : c'est la paire des glandes du tube ventral.

Or, la comparaison de ces divers organes avec ce que présentent les Thysanoures, montre que ceux-ci, au lieu de posséder, comme les Collemboles, deux paires de glandes céphaliques métamériques, condition archaïque qui rapproche les Collemboles des Myriopodes, n'en ont plus qu'une seule dont la structure et même la position de l'orifice (chez *Campodea*) conduisent à admettre que les glandes du tube ventral des Collemboles sont les homologues des glandes dites salivaires chez les Thysanoures.

3° Les yeux latéraux des Thysanoures et des Collemboles.

Malgré les difficultés qu'offre ce genre de recherches, l'auteur est parvenu à élucider la structure des organes visuels des Collemboles.

Les yeux de ces insectes inférieurs étaient considérés comme des ocelles. En réalité, ainsi que le prouve le mémoire, il existe ici deux types différents : chez le plus grand nombre des Collemboles, les yeux sont, comme chez les Thysanoures, des yeux composés dont chaque élément est une ommatidie eucône. D'autre part, chez une partie des Podurides, par exemple *Anurida maritima*, les yeux sont des ocelles simples.

4° L'organe post-antennaire des Collemboles.

L'organe post-antennaire est vraisemblablement, chez les Arthropodes trachéates, un organe sensoriel primitif; il existe chez les Myriopodes, se retrouve chez de nombreux Collemboles et manque, au contraire, chez les Thysanoures; ce qui fournit un des arguments pour considérer les Collemboles comme plus anciens.

L'auteur décrit l'organe post-antennaire d'une façon claire et y retrouve la structure fondamentale des cupules olfactives des antennes des insectes ptérygotes.

5° Les appendices locomoteurs des Collemboles.

L'auteur examine successivement : les pattes thoraciques, le tube ventral dont il détermine définitivement le rôle d'organe d'adhérence, le rétinacle qu'il regarde comme résultant de la fusion partielle des deux appendices ventraux du troisième anneau de l'abdomen, enfin la *furca*, dans laquelle il voit une paire de pattes; il discute, à ce propos, quelques opinions émises antérieurement.

6° Le système adipeux des Collemboles.

Les organes excréteurs sont représentés chez les Thysanoures (sauf *Japyx*) par des tubes de Malpighi. Chez les Collemboles, les tubes de Malpighi manquent et l'excrétion est exclusivement dévolue au tissu adipeux.

Ce tissu, composé de cellules volumineuses logeant des globules graisseux et creusées de vacuoles contenant des concrétions sphéroïdes à couches concentriques, accompagne l'hypoderme et se trouve, d'une façon générale, compris entre les cellules chitinogènes et la lame basilaire hypodermique.

L'auteur a déterminé la nature chimique des concrétions. Elles sont composées d'urate neutre de sodium, comme les productions analogues que divers naturalistes ont observées chez les insectes supérieurs.

Dépourvu de canal d'évacuation, le tissu adipeux constitue un rein d'accumulation. Les cellules dont il est formé subissent des modifications que l'auteur analyse; mais les concrétions, n'étant pas expulsées, s'amassent en certaines régions du corps en prenant l'aspect de taches crayeuses.

L'auteur fait remarquer que ce mode d'excrétion qui conduit à une accumulation considérable de matériaux de déchet dans l'organisme, n'est évidemment compatible qu'avec une durée de la vie de l'insecte très limitée.

7° La spermatogenèse chez les Thysanoures et les Collemboles.

Chez les Thysanoures, que l'auteur a pu examiner à cet égard, et chez les *Smynthurus* parmi les Collemboles, la spermatogenèse ne paraît pas s'écarter de ce qui a été constaté chez les insectes plus élevés.

Il n'en est pas de même chez les Collemboles du groupe

des Podurides. Chez ceux-ci, la région germinative s'étend dorsalement sur toute la longueur de la glande, au lieu d'être condensée à la pointe de la gonade, disposition primitive voisine de ce qui existe chez les Myriopodes et les Symphyles.

En outre, chez les Podurides, les cellules épithéliales pariétales de la gonade offrent, au cours de l'évolution des éléments spermatiques, des phénomènes régressifs; leur cytoplasme se transformant en boules visqueuses qui tombent dans le testicule et forment finalement une masse gluante, s'accumulant dans la région ventrale de la vésicule séminale, et expulsée en premier lieu lors de l'éjaculation.

8° La structure de l'ovaire et l'ovogenèse chez les Thysanoures et les Collemboles.

Cette partie du mémoire est une des plus intéressantes et des plus neuves; elle sera certainement très remarquée.

Tullberg, Sommer et Agnès Claypole, probablement abusés par des apparences, paraissent s'être entièrement trompés dans leurs interprétations de la structure de l'ovaire et des phénomènes d'ovogenèse chez les Collemboles. Ils ont pris les cellules folliculaires pour les ovules et ont considéré comme cellules vitellines les ovules véritables.

Je ne puis, dans ce rapport, exposer la série des observations de l'auteur; je me bornerai à dire que si celles-ci et les interprétations qu'il leur donne sont exactes, on assiste, chez les Collemboles, à des relations très particulières entre les ovules et les cellules qui leur fournissent les éléments du vitellus : 1° les substances englobées appartiennent à des cellules homologues des *cellules folliculaires* des insectes plus élevés, et non à des cellules

nutritives, comme c'est le cas chez ces derniers; 2° il y a ici une forme étrange de phagocytose où, à l'inverse de ce qui se passe chez les insectes ptérygotes, l'ovule, au lieu d'être plus volumineux que les cellules nutritives, est notablement plus petit et, au lieu d'absorber celles-ci, pénètre au contraire dans leur intérieur.

Chez les Thysanoures, les ovarioles ont la structure des tubes ovariens des Ptérygotes sans cellules nutritives. Cependant, d'après Grassi et Nassonow, le genre *Campodea* ferait exception à cette règle. Mais encore une fois, suivant l'auteur du mémoire, ces naturalistes auraient commis une erreur analogue à celle dont les ovaires des Collemboles ont été l'objet. Dans l'ovaire de *Campodea*, ce qu'on a pris pour des cellules nutritives, répondrait aux ovules vrais, et ce qui a été envisagé comme ovules, répondrait à des cellules pariétales chargées de vitellus.

9° Relation des Collemboles avec les Thysanoures.

Des faits exposés dans le mémoire résulte que les Collemboles se rapprochent des Thysanoures Entotrophes, sans cependant qu'on puisse les considérer comme en descendant.

Les Collemboles présentent, en effet, de multiples caractères plus archaïques.

L'auteur, s'appuyant sur une série de considérations, regarde les Collemboles comme constituant un phylum entièrement distinct de celui des Thysanoures et ayant une origine plus ancienne.

Il se range enfin à l'opinion défendue par une série de spécialistes, par Grassi entre autres pour les Thysanoures seuls, et qui consiste à considérer les Aptérygotes comme les plus primitifs des insectes actuels.

*
* *

Non seulement le travail consciencieux que je viens de résumer répond à la question posée, mais il y répond d'une façon remarquable, les nombreux faits nouveaux qu'il contient, formant, par leur ensemble, une contribution importante à nos connaissances sur une des sections les plus intéressantes du groupe des Arthropodes.

Les dix-sept belles planches dessinées par l'auteur et qui accompagnent le mémoire sont supérieures comme exécution et comme exactitude à tout ce qui a été publié jusqu'à présent sur les Collemboles.

Ajoutons, bien que ce ne soit guère nécessaire après ce qui précède, que l'auteur est incontestablement familier avec tous les détails de la technique et se montre parfaitement au courant de la bibliographie.

Je n'hésite donc pas à proposer à la Classe des sciences de couronner le mémoire et de décider l'impression du texte ainsi que la reproduction des planches dans le recueil des *Mémoires* in-4°. »

—

***Rapport de M. Éd. Van Beneden, deuxième commissaire.***

« Le rapport si complet de mon honoré confrère M. Plateau me dispense d'analyser à mon tour le travail soumis à notre appréciation. Je me borne à me rallier bien volontiers à ses conclusions. Ce beau mémoire, émanant d'un observateur consciencieux, doublé d'un dessinateur remarquable, figurera avec honneur dans les publications de l'Académie. »

—

*Rapport de M. Van Bambeke, troisième commissaire.*

« Je suis également d'avis que le mémoire soumis à notre appréciation mérite, à tous égards, d'être couronné par la Classe. »

La Classe, se ralliant aux conclusions des rapports de ses commissaires, a décerné le prix proposé de *six cents francs* à l'auteur, M. Victor Willem, chef des travaux pratiques de zoologie à l'Université de Gand.

---

## PRIX CHARLES LEMAIRE.

Quatrième période (1897-1899).

*Rapport des Commissaires-délégués à Messieurs les Directeur, Secrétaire perpétuel et membres de la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique.*

MESSIEURS,

Vous avez fait l'honneur à deux d'entre nous, pour la seconde fois, de vous aider à faire choix entre les ouvrages que des auteurs ont présentés à la Classe des sciences dans le but d'obtenir le *Prix Charles Lemaire*, attribué à la période 1897-1899. Vous avez désigné un troisième commissaire-délégué, notre collègue, afin que nous accomplissions ensemble le travail réclamé (1).

---

(1) Le jury était composé de MM. Brialmont, président; Debeil, inspecteur général; Bovie, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées; Van der Mensbrugghe et Lagasse-de Locht, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées, président de la Commission royale des monuments, *rapporteur*.

Les ouvrages, peu nombreux, ont été examinés par nous avec le plus grand soin.

Pour fixer notre choix à bon escient, nous nous référons aux considérations fondamentales que nous avions invoquées précédemment, auxquelles votre Classe a bien voulu se rallier et qui ont été publiées, avec notre rapport sur la période 1895-1897, aux pages 1105 et 1106 du *Bulletin de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*, 1897, n° 12.

Nous croyons utile de reproduire ci-après et cette fois encore lesdites considérations :

« La fondatrice, M^lle^ Adelaïde Lemaire, en confiant à » l'Académie des sciences le soin de décerner le *Prix* » *Charles Lemaire*, a voulu que les mémoires qui y » aspirent, soient conçus dans un réel caractère scienti- » fique, de même que tous les travaux soumis au jugement » de ce corps savant. On peut donc conclure que ces » mémoires seront d'autant plus dignes du prix qu'ils » s'appliqueront d'une manière plus étendue aux diffé- » rentes branches des travaux publics et qu'ils offriront, » à cet égard, des vues plus originales. »

## Premier choix.

Cela posé et considérant que le mémoire de M. Defosse, relatif à la construction d'un canal de jonction de la mer Baltique à la mer Noire, a déjà été soumis à notre examen pour la période 1895-1897, il n'y a qu'un mémoire à retenir.

Avant de l'examiner, arrêtons-nous un instant à l'autre travail.

### Examen détaillé d'un mémoire.

I. — *La construction et l'entretien des routes*, par Cyrille Janssens, conducteur des ponts et chaussées, est un travail intéressant, dû à un jeune praticien qui témoigne d'un esprit de recherche peu commun. Malheureusement, il s'agit d'un sujet n'offrant qu'un champ restreint aux investigations scientifiques de l'ingénieur.

De plus, l'auteur s'en tient à des indications assez vagues, lorsqu'il donne les règles à suivre pour l'établissement d'une bonne assiette de route.

De même, dans la détermination des charges dont il faudrait interdire la circulation, il est incomplet. D'autres erreurs encore entachent cette œuvre au sujet de laquelle nous répétons qu'elle mérite néanmoins d'être soulignée comme l'effort louable d'un travailleur à ses débuts.

### Le mémoire mis a part.

II. Les travaux de M. Keelhof, ingénieur des ponts et chaussées, détaché à l'Université de Gand, intitulés :

a) *Note sur le travail des forces élastiques ;*

b) *Note complémentaire sur le travail des forces élastiques,*

se rapportent, au contraire, dans de vastes limites, aux recherches, à la fois scientifiques et pratiques, que soulèvent de nombreuses questions relatives aux travaux publics.

Il est hautement désirable que la question du travail moléculaire fasse, de plus en plus, l'objet d'études approfondies et expérimentales de la part notamment de tout ingénieur chargé de la rédaction de projets d'ouvrages métalliques où le choc ou les vibrations exercent une

influence sur la résistance des pièces, où les indéterminations statiques rendent le problème complexe, où les déformations et leurs rapports avec les tensions sont difficiles à déterminer, comme dans les arcs pleins, les arcs en treillis, avec ou sans intervention des variations dans la température.

Nous n'oserions pas dire cependant qu'il s'agit bien ici de recherches vraiment neuves. L'idée même qui les inspire, tout excellente qu'elle soit, a déjà été réalisée en d'autres travaux. Si Lamé, Clebsch, de Saint-Venant se sont occupés de la théorie de l'élasticité, Maurice Levy, Boussinesq, Flamant, Van der Mensbrugghe, pour ne citer que les Français et les Belges, ont appliqué cette théorie à la pratique.

M. Keelhof reconnaît lui-même, dans l'introduction de son premier et consciencieux travail, qu'en établissant les formules pratiques, déduites, d'une manière élémentaire, des équations de la théorie générale de l'élasticité, il suit l'école italienne : Menabrea, Rombaut, Castigliano. Il fait même remarquer, dans la note 1 de la page 25 de son principal mémoire, que des deux parties de la démonstration du théorème IV du chapitre III, savoir : *Dans tout système élastique arrivé à l'état d'équilibre et dont la sollicitation est statiquement indéterminée, le travail des forces moléculaires passe par un minimum,* l'une a été empruntée à Castigliano, l'autre « n'a pas encore été donnée à sa connaissance ». Il ajoute immédiatement dans la même note, qu' « un bon résumé de ces théories a paru dans l'*Engineering* ».

Quoi qu'il en soit, on aurait tort de nier que les deux notes de M. Keelhof offrent de l'intérêt au point de vue scientifique. En présentent-elles autant dès qu'on en veut

appliquer les principes généraux à la pratique? La réponse à cette question est délicate, puisque l'auteur s'attache, dans des exemples, à résoudre affirmativement ce sur quoi nous avons des doutes.

Nous admettons, avec lui, que la méthode rigoureuse, consistant à se servir des équations de la théorie générale de l'élasticité et, plus encore, à considérer l'état dynamique des corps en tenant compte des réactions de l'inertie, conduit à compliquer inutilement les problèmes ordinaires de la stabilité des constructions.

Mais est-on bien sûr que l'introduction, dans les calculs, de l'hypothèse appelée la loi de Hooke et se traduisant par la formule

$$\delta = \frac{\tau}{E},$$

dans laquelle $\delta$ représente la déformation élastique correspondant à la force normale $\tau$, et E le coefficient de l'élasticité, ne rend point illusoires les résultats obtenus à l'aide de méthodes sans rigueur scientifique?

Dans les sciences appliquées, au nombre desquelles se classe la stabilité des constructions, et même dans les sciences spéculatives, on ne saurait assez le répéter, la méthode expérimentale ou la méthode d'observation, suivant les cas, est à la base de toutes les recherches. L'un des plus grands mathématiciens de ce temps, Poincaré, n'écrivait-il pas que les théories mathématiques ont « pour but unique de coordonner les lois physiques que l'expérience nous fait connaître » (1)?

---

(1) *Théorie mathématique de la lumière.* Paris, 1889. Préface, p. 1.

Or la loi de Hooke n'est pas une loi physique expérimentalement vérifiée pour les cas ordinaires de la pratique.

Nous avons tenu à émettre ces réserves, non pour diminuer la valeur de l'auteur et de ses deux notes, mais afin qu'on ne se méprenne point sur la portée véritable de ces dernières.

A notre avis, elles offrent des recherches intéressantes au sujet de nombreux problèmes de stabilité des constructions. Sans constituer un réel progrès dans cette science appliquée, elles rappellent la voie à suivre; elles sollicitent l'attention des ingénieurs vers un champ d'études, à la fois théoriques et expérimentales, trop rarement exploré lorsqu'il s'agit des problèmes si complexes de la résistance des matériaux; elles méritent, pensons-nous, le bienveillant encouragement de l'Académie.

## Conclusion.

A ce titre, et considérant que les clauses de l'institution du *Prix Charles Lemaire* ne prévoient point qu'une *mention très honorable* puisse être accordée à l'auteur, nous sommes unanimement d'avis qu'il y a lieu d'attribuer le *Prix Charles Lemaire* aux travaux précités de M. Keelhof.

La Classe, adoptant la proposition du jury, décerne le prix pour la quatrième période à M. F. Keelhof, ingénieur des ponts et chaussées, détaché à l'Université de Gand, pour ses ouvrages intitulés: *Note sur le travail des forces élastiques.* — *Note complémentaire sur le travail des forces élastiques.*

## RAPPORTS.

Sur la proposition de M. Dewalque, la Classe décide l'impression des observations faites par Ch. Morren et Deville, en 1850, sur la floraison au Jardin botanique de Liége.

*Contribution à nos connaissances du chimisme stomacal;* par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

*Rapport de M. A. Jorissen, premier commissaire.*

« Dans la note qu'il adresse à l'Académie, M. Schuyten expose les résultats de recherches expérimentales qu'il a entreprises sur la formation de l'acide chlorhydrique stomacal.

Parmi les nombreuses hypothèses qui ont été formulées sur l'origine de ce produit, l'opinion d'après laquelle il proviendrait de la décomposition des chlorures par des acides, constitue l'interprétation la plus simple du phénomène, et l'auteur s'est appliqué à étudier, par des expériences effectuées *in vitro*, l'action des acides organiques sur des solutions de chlorure sodique ou de chlorure potassique. Il a tout d'abord fait de nombreux essais au moyen des divers réactifs actuellement utilisés pour la recherche de traces d'acides minéraux libres dans des mélanges complexes : il donne la préférence au réactif de Boas (résorcine et sucre), lequel, très sensible à l'action des acides minéraux, ne serait pas influencé par des solutions relativement concentrées d'acides organiques.

D'après M. Schuyten, si l'on fait réagir, dans des conditions déterminées, des solutions d'acides organiques et de chlorures alcalins en présence du réactif de Boas, l'aspect du liquide semble indiquer qu'il se forme de l'acide chlorhydrique; l'auteur n'a pu isoler cependant la moindre trace de ce produit en soumettant à une ébullition prolongée, dans un courant d'air, des mélanges de même nature, bien que des expériences de contrôle lui eussent permis de recueillir des traces d'acide libre ajoutées aux solutions.

Les observations de M. Schuyten sont intéressantes au point de vue de la recherche des acides minéraux libres dans des mélanges complexes. Nous proposons donc l'impression de cette note dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition, laquelle est adoptée par la Classe.

---

## COMMUNICATION ET LECTURE.

---

*Contribution à nos connaissances du chimisme stomacal;* par M.-C. Schuyten, docteur en sciences.

Dans les lignes qui vont suivre, j'aurai l'honneur d'exposer à l'Académie les résultats de mes recherches sur le chimisme stomacal. J'ai eu pour but : 1° de vérifier si les méthodes employées pour constater l'acide chlorhydrique dans le suc gastrique ont bien la sensibilité que leur attribuent les différents auteurs; 2° d'aider à découvrir l'agent, encore mystérieux, qui provoque la décomposition des chlorures alcalins dans l'organisme.

## I.

C'est probablement Prout qui, le premier (1824), a isolé l'acide chlorhydrique du suc gastrique en distillant ce liquide; Bidder-Schmidt (*), en 1852. démontra sa présence dans l'estomac par des analyses reconnues exactes encore de nos jours; Rabuteau (**) identifia l'HCl à l'état de chlorhydrate de quinine, et Reoch (***) opéra volumétriquement.

Depuis lors, on a découvert beaucoup de réactifs sensibles qui, par la coloration qu'ils produisent sous l'influence de l'HCl, indiquent nettement des traces de ce gaz dissous dans un liquide quelconque.

Les plus employés sont :

1° Le violet de méthyle

$$[C_{19}H_{18}N_3(CH_3)_3 \cdot HCl]$$

en solution aqueuse; il bleuit avec HCl.

2° La tropéoline OO, ou réactif de Danilewsky,

$$(C_6H_5 \cdot HN - C_6H_4 - N = N - C_6H_4 \cdot - SO_3Na)$$

en solution aqueuse; elle devient violette.

---

(*) *Die Verdauungssäfte u. der Stoffwechsel.* Leipzig, 1852. — *Ann. Pharm. Chem.*, LXXIX. — *Éléments de physiologie humaine*, par L. Fredericq et Nuel, 1899, p. 238.

(**) *Gazette médicale de Paris*, 1874, n° 9.

(***) *Journ. of Anat. and Physiol.*, 1874, 274.

3° Le mélange de résorcine et de sucre, ou réactif de Boas, en solution aqueuse ou alcoolique; il rougit.

4° Le mélange de phloroglucine et de vaniline, ou réactif de Günzburg, en solution alcoolique; il rougit.

5° Le rouge Congo

$$\left(C_{12}H_8 < \begin{matrix} N = N - C_{10}H_6 - NH_2 - SO_3Na \\ N = N - C_{10}H_6 - NH_2 - SO_3Na \end{matrix}\right)$$

en solution alcoolique; il devient bleu ou violet.

Le violet de méthyle ne m'a pas paru facile à manier; le virage du violet au bleu est certainement très net, mais la circonstance que l'on peut aussi obtenir du vert si l'acide à examiner est plus ou moins concentré ou si l'on élève la température, me paraît nécessiter, au préalable, une certaine éducation dans le maniement du réactif. Puis il faut opérer sur un liquide, la solution de méthyl-violet, ce qui se fait dans une éprouvette; alors les dimensions du vase, la couche liquide, l'appréciation forcément variable de l'expérimentateur indiquent comment on peut arriver à formuler des résultats différents pour des cas pourtant identiques. Il semble donc prudent d'avoir recours plutôt à des procédés qui permettent de travailler, avec certitude et rapidité, toujours dans les mêmes conditions. C'est précisément ce que l'on peut obtenir avec les autres réactifs nommés plus haut.

Voici comment j'ai essayé d'établir leur valeur comparative.

J'ai évaporé dans un vase en porcelaine 5 centimètres cubes de l'acide dilué successivement à $\frac{N}{1000}$, $\frac{N}{100}$, $\frac{N}{10}$, mélangés de quelques gouttes de réactif préparé comme la littérature l'indique. Dans le tableau suivant, + indique un résultat positif, c'est-à-dire une coloration; — un résultat négatif.

| ACIDES EXAMINÉS. | | Réactif de Danilewsky. | Réactif de Boas. | Réactif de Günzburg | Rouge Congo. |
|---|---|---|---|---|---|
| Acide acétique. | $\frac{N}{1000}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{100}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | — | — | — | + |
| Acide butyrique. | $\frac{N}{1000}$ | — | — | — | — |
| | $\frac{N}{100}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | — | — | — | + |
| Acide lactique. | $\frac{N}{1000}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{100}$ | + | — | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | + | — | — | + |
| Acide formique. | $\frac{N}{1000}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{100}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | — | — | — | + |

| ACIDES EXAMINÉS. | | Réactif de Danilewsky. | Réactif de Boas. | Réactif de Günzburg | Rouge Congo. |
|---|---|---|---|---|---|
| Acide oxalique. | $\frac{N}{1000}$ | + | — | + | + |
| | $\frac{N}{100}$ | + | — | + | + |
| | $\frac{N}{10}$ | + | — | + | + |
| Acide tartrique. | $\frac{N}{1000}$ | + | — | — | + |
| | $\frac{N}{100}$ | + | + | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | + | + | — | + |
| Acide succinique. | $\frac{N}{1000}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{100}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | + | — | — | + |
| Acide citrique. | $\frac{N}{1000}$ | — | — | — | + |
| | $\frac{N}{100}$ | + | — | — | + |
| | $\frac{N}{10}$ | + | — | + | + |

Ce tableau montre que le réactif le plus sensible est le rouge Congo; puis vient la tropéoline OO, puis le mélange phloroglucine-vaniline, puis le mélange résorcine-sucre. Si nous nous rappelons que des quantités d'HCl souvent plus petites que celles que j'ai employées pour les acides gras examinés, produisent des colorations avec les réactifs susnommés, il devient évident que le réactif de Boas est le meilleur pour déceler des traces d'HCl, puisque des quantités relativement considérables d'autres acides, comme l'acide lactique, par exemple, n'ont aucune action. D'après Sansoni (*), l'acide oxalique est le plus actif dans son action sur les réactifs colorés qui nous occupent; puis viennent les acides lactique, tartrique, formique, citrique, butyrique, benzoïque.

J'ai trouvé l'ordre suivant : acides oxalique, tartrique, citrique, lactique, succinique, formique, acétique, butyrique.

D'après Sansoni, la sensibilité des réactifs peut être appréciée comparativement par l'ordre suivant, le réactif le moins sensible se trouvant à la fin : Günzburg, rouge Congo, Danilewsky, Boas.

J'ai trouvé : rouge Congo, Danilewsky, Günzburg, Boas.

Donc, également pour Sansoni, le réactif de Boas, sans être le plus sensible, est le plus apte à découvrir l'HCl.

Il convient de remarquer que le mélange résorcine-sucre est très altérable; même à l'obscurité, il devient brun. Il est nécessaire donc de l'employer chaque fois fraîchement préparé.

---

(*) *Annali di chimica e di farmacologica*, ●, 13.

cite les expériences relatées par Arthus (*), entre autres, pour montrer qu'il se produit, au sein de notre organisme, des phénomènes vraiment curieux :

1° L'action de l'HCl sur l'acétate de soude, comparée à celle du suc gastrique;

2° L'action du dialyseur sur un mélange de NaCl et d'HCl et sur le suc gastrique;

3° L'ébullition d'une solution aqueuse d'HCl comparée à l'ébullition d'un suc gastrique non ramené à consistance sirupeuse, etc.

Enfin, les réactifs colorés ont une action différente suivant qu'ils agissent sur un acide chlorhydrique mélangé ou non de substances albuminoïdes.

Quoi qu'il en soit, cette question de la forme sous laquelle l'HCl se trouverait ou agirait physiologiquement dans notre corps, me paraît très obscure et nullement aussi claire que Richet et ses partisans pensent devoir la présenter; en outre, elle ne contribue en rien à la découverte de la façon dont l'HCl se forme; or cette question me paraît devoir être résolue d'abord.

C'est encore Maly (**) qui semble se rapprocher le plus de sa solution, car certaines de ses vues sont confirmées par des faits indiscutables. Il adopte deux théories :

D'après la première, l'HCl se produirait dans la réaction suivante.

$$2Na_2HPO_4 + 3CaCl_2 = Ca_3(PO_4)_2 + 4NaCl + 2HCl.$$

---

(*) *Éléments de chimie physiol.*, 1895, 253. — *Archives de physiologie*, 24, 259.

(**) *Ztschr. Phys. Chem.*, I, 74. KRÜGER, *Lehrb. der med. Chemie*, p. 132.

Les sels ont été constatés dans le sang; Pribaum (*), entre autres, a décelé dans le sérum du chien du Ca, sans doute comme $CaCl_2$, et Carl Schmidt (1854) a découvert des phosphates en quantité appréciable.

D'après la seconde, ce serait l'action de masse de l'acide carbonique du sang qui produirait la décomposition des chlorures, après que Thomsen (**) aurait démontré, thermochimiquement (et aussi par dialyse?) que les acides les plus faibles sont capables de décomposer, par leur masse, les sels à acides forts. J'ai conclu, en me basant sur cette deuxième théorie, qu'il doit donc être possible d'isoler ou de caractériser l'HCl devenant libre par la décomposition des chlorures alcalins sous l'action des acides faibles.

### Expérience 1.

J'ai mis 1 gramme de NaCl en dissolution aqueuse (500 centimètres cubes) dans un petit ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant et placé sur un bain-marie; du réfrigérant partait un tube deux fois recourbé, plongeant dans un flacon de Woulf vide, relié à un autre flacon contenant du nitrate d'argent acidifié par l'$HNO_3$. La dissolution aqueuse chaude de NaCl a été traversée par un courant de $CO_2$ pur pendant six heures, sans interruption.

Il ne s'est pas formé de précipité dans le flacon à $AgNO_3$.

---

(*) *Jahresber. f. Thierchemie*, I, 187.

(**) *Pogg. Ann.*, **138**, **143**. *Dictionnaire de Würtz*, 2e supplément, article : *Suc gastrique*.

### Expérience 2.

Les essais relatés pages 779 et 780 ont été repris tous dans les mêmes conditions, mais cette fois en présence de quelques gouttes de NaCl ou de KCl (en deux séries parallèles); la quantité de chlorure alcalin a été calculée chaque fois de façon à opérer toujours avec un excès d'acide gras. J'ai pu constater des colorations :

*a*) Avec la tropéoline OO pour l'acide butyrique à partir de $\frac{N}{100}$.

*b*) Avec la résorcine-sucre pour l'acide lactique $\frac{N}{10}$ et l'acide formique $\frac{N}{10}$.

*c*) Avec la phloroglucine-vaniline pour l'acide formique $\frac{N}{10}$, l'acide tartrique à partir de $\frac{N}{100}$ et l'acide citrique à partir de $\frac{N}{100}$.

Ces colorations sont-elles dues à la formation de l'HCl?

### Expérience 3.

Un petit ballon à deux tubulures a été mis en communication avec un refrigérant ascendant relié à un flacon contenant du $AgNO_3$; entre le réfrigérant et ce dernier se trouvaient : un flacon à deux tubulures, vide, un tube en verre ascendant contenant de la soie de verre d'une longueur de $1^m,5$, deux tubes en U aussi avec de la soie de verre. Ces précautions étaient nécessaires parce que j'avais observé que les chlorures alcalins sont assez facilement entraînés. Le petit ballon, contenant successivement NaCl et KCl dissous dans un excès d'acide gras et

traversé par un courant d'air, était chauffé à petite flamme, juste ce qu'il fallait pour maintenir une douce ébullition. Chaque opération durait vingt-quatre heures. J'ai examiné : les acides acétique, propionique, butyrique purs, tels que le commerce les livre ; les acides stéarique, palmitique, malonique, oxalique, tartrique, citrique, fumarique, purs également, en solutions butyriques. Dans aucune des vingt opérations, je n'ai obtenu un précipité de AgCl.

J'ai observé qu'il n'est pas nécessaire d'intercaler des appareils à soie de verre, si l'ébullition est maintenue modérée et si le courant d'air est réglé à deux bulles environ par seconde ; le flacon vide à deux tubulures est alors suffisant.

Il importe également de sécher l'appareil pour chaque nouvelle opération.

MM. les Commissaires m'ont suggéré l'excellente idée de faire aussi les essais en présence de quelques millièmes d'HCl. J'ai fait, au hasard, trois opérations dans ce sens avec les acides oxalique, succinique et butyrique : le AgCl précipitait en moins de dix minutes. Il en résulte, je pense, que l'appareil employé est sans reproche et que si l'HCl s'était produit dans les conditions précitées, fût-ce même en quantité minime, j'aurais pu le déceler instantanément. Or, comme je l'ai indiqué, chaque opération a duré vingt-quatre heures.

### Expérience 4.

Les acides cités ont encore été examinés dans leur action sur NaCl et KCl, mais cette fois en tubes scellés. Pour les acides acétique, propionique et butyrique, la

température a été maintenue pendant six heures un peu au delà du point d'ébullition de ces corps; pour les autres acides un peu au-dessus de leurs points de fusion, également pendant six heures. Dans aucun cas, je n'ai pu découvrir la formation du gaz HCl.

De tout ce qui précède, je crois pouvoir tirer ces conclusions :

1° Pour caractériser l'HCl libre, non combiné, dans le suc gastrique, il faut employer de préférence le réactif de Boas fraîchement préparé.

2° Ni l'$CO_2$ ni les différents types d'acides gras ne paraissent capables de produire, par l'action de leur masse sur les chlorures alcalins (NaCl, KCl), des quantités isolables d'HCl.

Anvers, laboratoire privé. Juillet 1899.

---

ÉLECTIONS.

La Classe se constitue en comité secret pour les élections aux places vacantes. Les résultats en seront proclamés en séance publique.

---

PRÉPARATIFS DE LA SÉANCE PUBLIQUE.

MM. Spring et Henry donnent lecture, conformément à l'article 17 du règlement, des communications qu'ils se proposent de faire dans cette séance.

## CLASSE DES SCIENCES.

*Séance publique du 17 décembre 1899.*

M. W. Spring, directeur, président de l'Académie.
M. le chevalier Edm. Marchal, secrétaire perpétuel.

Prennent également place au bureau :

M. de Trooz et M. Schollaert, respectivement Ministre et ancien Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique;

MM. Ch. Lagrange, vice-directeur de la Classe des sciences; A. Giron, directeur de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques; J. Robie, directeur de la Classe des beaux-arts; Ch. Mesdach de ter Kiele et Alfr. Cluysenaar, vice-directeurs de la Classe des lettres et de celle des beaux-arts.

Sont présents : MM. le baron de Selys Longchamps, G. Dewalque, Brialmont, C. Malaise, F. Folie, Fr. Crépin, Ch. Van Bambeke, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, *membres;* Ch. de la Vallée Poussin, *associé;* M. Delacre, Julien Fraipont, F. Deruyts, P. Pelseneer et A. Gravis, *correspondants.*

CLASSE DES LETTRES ET DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES. — MM. S. Bormans, T.-J. Lamy, G. Monchamp, Ern. Discailles, V. Brants, *membres;* J.-C. Vollgraff, *associé;* Ch. De Smedt et Ern. Gossart, *correspondants.*

CLASSE DES BEAUX-ARTS.—MM. Godfr. Guffens, J. Demannez, G. De Groot, Gustave Biot, Henri Hymans, Alex. Markelbach, Ch. Tardieu, J. Winders et Van Ysendyck, *membres.*

M. Spring, après avoir remercié M. de Trooz d'avoir bien voulu honorer l'Académie de sa présence, ainsi que M. Schollaert, qui avait sollicité de la Législature, lorsqu'il était Ministre, les importants crédits qui ont permis à l'Expédition antarctique belge de réaliser son voyage, déclare la séance ouverte.

Il donne lecture d'un travail sur :

*La plasticité des corps solides et ses rapports avec la formation des roches.*

MESDAMES, MESSIEURS,

Les statuts de l'Académie exigent que chaque Classe rende compte de ses travaux, dans sa séance publique annuelle.

Cette disposition est avantageuse pour l'Académie aussi bien que pour le public d'élite qui s'intéresse aux progrès de la science. Pourtant, la force des événements a rendu difficile, sinon impossible, l'observation stricte du règlement. C'est qu'il n'est plus donné, aujourd'hui, à un homme, d'embrasser l'ensemble des sciences au point d'apprécier exactement la valeur des faits. Le champ

s'est tellement agrandi pour chaque matière, les méthodes sont devenues si diverses et si délicates que la *spécialisation* s'est imposée comme condition du progrès. Le sujet du discours du Directeur de la Classe des sciences est sorti du domaine des travaux de ses Confrères pour se limiter au cercle plus étroit de son activité personnelle.

Plus que tout autre, je me vois obligé de suivre l'usage qui a fini par prévaloir, car, je le reconnais sans détour, je ne possède pas le talent nécessaire pour traiter d'un sujet de portée générale, devant une assemblée qui compte des représentants si distingués de toutes les branches artistiques, littéraires et scientifiques. Je demande donc la permission de dire quelques mots d'un objet modeste qui m'a occupé longtemps et qui m'occupe encore : *de l'agglutination des corps solides par la compression*. Je suis heureux de l'occasion qui m'est offerte de résumer, à présent, des travaux que les événements m'ont contraint à disperser dans de multiples publications et qui, sans doute à cause de cette dispersion même, ont parfois donné lieu à des interprétations étrangères à ma pensée.

*
* *

Nos roches sédimentaires aujourd'hui les plus solides étaient, à l'origine, des terres meubles, des alluvions de sable et d'argile; elles se sont durcies dans la suite des temps. La plupart paraissent manquer de matières spéciales, pouvant jouer le rôle de *substances unissantes*, ou de *ciment*, entre les particules qui se sont agglutinées. Néanmoins elles sont souvent si solides que quand on les brise de force, leurs grains quartzeux se cassent plutôt que de se séparer. La cohésion est donc arrivée à

s'exercer, avec le temps, d'une manière complète, dans toute la masse d'abord incohérente. En un mot, nous nous trouvons en présence d'un cas d'*agglutination* de corps solides, exclusif d'une *fusion* préalable, même imparfaite. La présence de nombreux fossiles dans ces roches porte à conclure de la sorte.

La question à laquelle nous avons essayé de répondre est celle de savoir comment ont pu se souder ces grains de sable qui, dans les conditions ordinaires, adhèrent si peu les uns aux autres qu'un souffle léger les disperse et les emporte au loin?

L'observation journalière nous apprend que la matière ne se soude, en général, à elle-même qu'à l'état liquide. La soudure est alors d'autant plus aisée, plus rapide, que la liquidité est plus grande. Des gouttelettes d'eau se confondent à l'instant en une seule masse sitôt qu'elles se touchent; tandis que des globules d'un corps moins fluide, plus visqueux, demandent souvent le concours d'une action mécanique, *d'un pétrissage*, pour former un bloc homogène. En somme, l'agglutination paraît dépendre d'un degré de *plasticité* plus ou moins grand de la matière.

Or la plasticité n'a rien d'absolu : tous les degrés sont possibles et se rencontrent aussi, depuis le liquide le plus *fluide* jusqu'au solide le plus *aigre*. Il y a plus : des substances non plastiques en apparence présentent cependant de la *malléabilité*. Celle-ci n'apparaît, à la vérité, que sous l'action de forces mécaniques puissantes, telles que la compression, le martelage ou le laminage. C'est ce qu'a révélé, à suffisance de preuves, l'art de façonner, par emboutissage, mille objets dont nous nous servons journellement.

Il paraît dès lors tout indiqué de vérifier si des fragments de corps solides, dépourvus de la faculté d'adhérer les uns aux autres, dans les conditions ordinaires, ne pourraient s'agglutiner sous l'action d'un pétrissage énergique, produit par une compression suffisante. L'épreuve valait d'être tentée, car si elle amenait un résultat positif, l'état liquide et l'état solide de la matière devaient être envisagés sous un point de vue nouveau. La portée de l'expérience pouvait donc dépasser les limites des intérêts de la géologie pour s'étendre sur les sciences physiques en général.

Cette considération nous a déterminé à ne pas borner notre étude aux matériaux des roches : nous avons soumis à la compression, dans un appareil spécial, de la poudre d'un grand nombre de corps appartenant aux espèces chimiques les plus variées.

Nous n'entrerons pas dans la description du compresseur qui nous a servi, ce serait abuser de votre bienveillance; nous demanderons seulement la permission de dire qu'il était construit pour exercer une pression pouvant atteindre 10,000 atmosphères, sans que la substance comprimée s'échappât (1).

Le résultat des premières recherches peut être formulé comme il suit : *Tous les corps doués de la faculté de se déformer sous pression, sans se briser, se sont agglutinés aussi solidement que s'ils avaient été liquéfiés, tandis que ceux chez lesquels la malléabilité ne se révélait pas encore sous cette énorme pression, ont été extraits du compresseur à l'état pulvérulent, comme ils y étaient entrés.*

---

(1) On trouvera cette description : *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XLV, p. 746, 1878, et t. XLIX, p. 323, 1880.

Il est particulièrement important de noter, pour le sujet qui nous occupe, que le sable quartzeux ou argileux, le calcaire sous diverses formes, les oxydes de fer, d'alumine, bref, les matières qui entrent le plus généralement dans la composition de nos roches, ont été de celles qui ne se sont pas agglutinées, ou, tout au moins, dont l'agglutination est restée imparfaite. La condition de la solidification de nos roches ne peut donc se trouver exclusivement dans la simple compression. A cet égard, le problème posé n'est pas résolu. On remarquera, au surplus, que si une pression de 10,000 atmosphères est insuffisante pour agglutiner du sable, la cause de la solidification des roches quartzeuses ne peut véritablement être cherchée dans la compression seule. 10,000 atmosphères correspondent à une colonne de sable de 50,000 mètres de hauteur (1); par conséquent, la solidification ne pourrait avoir commencé, dans la nature, qu'à des profondeurs invraisemblables. Nous chercherons donc ailleurs la solution de cette question spéciale ; mais nous nous arrêterons un instant aux résultats positifs obtenus à l'aide d'un nombre très grand de substances.

Les *métaux* se distinguent d'une manière frappante. L'agglutination de leur poudre (2) s'est révélée directement en rapport avec leur *malléabilité*. De plus, le résultat a été complet; c'est-à-dire que les grains des métaux n'ont pas formé un simple *conglomérat*, mais ils se sont soudés comme s'ils avaient subi la fusion. La chose

---

(1) La densité du sable étant supposée égale à 2.

(2) La surface de ces poudres doit, de toute nécessité, être absolument propre. Il suffit, pour compromettre le résultat, de passer les poudres par les doigts.

était manifeste surtout dans les parties qui avaient *flué* sous l'action de la pression.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler que ces expériences ont rencontré, à l'origine, beaucoup d'incrédulité. On a dit notamment (1), et cherché à le prouver, que la compression n'était pas la cause immédiate de l'agglutination. Celle-ci devait s'être produite, assurait-on, parce que les poudres des métaux auraient éprouvé une fusion sous l'influence de l'énorme élévation de la température produite par la compression. Il est cependant facile de prouver, par la théorie mécanique de la chaleur, que l'élévation de la température invoquée est tout à fait *négligeable*. La compression ne peut produire, dans les conditions de l'expérience, qu'une élévation *d'une fraction* de degré seulement (2). Quoi qu'il en soit, nous avons tenu à vérifier le fait directement. De la *poudre à tirer* fut comprimée, autant que le permettait l'appareil, sans qu'il y eût déflagration. Ceci prouve, à toute évidence, que la température n'est pas montée à 300°. Il y a plus : nous avons comprimé de la *phorone*, dont le point de fusion est à 28°, et *cette substance n'a pas fondu*. La constatation a eu lieu en plaçant au-dessus de la phorone, avant la compression, une ballette de plomb. Si la matière avait fondu, la ballette aurait dû tomber au fond du cylindre; mais on l'a retrouvée, chaque fois, à l'endroit où on l'avait déposée.

L'hypothèse d'une fusion doit donc être écartée. Alors il ne reste plus guère, pensons-nous, qu'à attribuer la *soudure* des métaux à une *interdiffusion* de leurs molé-

---

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, t. XII, p. 233.
(2) *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. XLI, p. 488, 1884.

cules. A la suite du rétablissement du contact parfait, par la pression, les molécules pourraient jouer entre elles à la *surface de joint*, comme elles jouent dans la profondeur de la masse.

Cette explication peut paraître hardie; néanmoins, il n'est pas difficile de vérifier qu'elle répond aux faits observés.

En effet, s'il se produit vraiment une *diffusion* des molécules à travers les surfaces de contact, il faut que la compression de *métaux différents* fasse naître un *alliage* et non un simple conglomérat de particules ayant conservé leurs propriétés individuelles.

L'expérience a confirmé cette conclusion d'une manière éclatante.

En comprimant un mélange d'étain et de cuivre en poudre, nous avons obtenu du *bronze;* le zinc et le cuivre ont donné le *laiton*, caractérisé par sa couleur *jaune d'or;* le cuivre et l'antimoine ont fourni l'alliage *violet* caractéristique; enfin, en comprimant un mélange, en proportions déterminées, de bismuth, d'étain, de plomb et de cadmium, il s'est formé un alliage qui a fondu dans l'eau bouillante, comme celui que Wood avait obtenu par voie de fusion ignée (1).

Pour comprendre ces faits, nous devons donc nécessairement admettre que deux fragments de corps solides de même espèce ou d'espèces différentes, mis en contact parfait par l'action d'une pression énergique, *diffusent* lentement l'un dans l'autre, comme diffuse, dans son dissolvant, un corps soluble quelconque jusqu'à ce qu'il

---

(1) *Zeitschrift f. phys. Chemie*, V, 322, 1890.

se soit réalisé une masse homogène. Plus généralement, ces expériences démontrent que le phénomène de la *dissolution* n'est pas subordonné à l'état de liquidité de la matière, ainsi qu'on l'avait cru : les corps solides eux-mêmes se dissolvent réciproquement, à la température ordinaire, pour donner des *solutions solides*. Ce fait fut donc démontré, dans notre Académie, environ dix ans avant que notre célèbre associé, J.-H. van 't Hoff, le déduisît, à son tour, des anomalies observées dans la congélation de certaines solutions (1), et qu'il en montrât l'importance pour la détermination des poids moléculaires.

Les corps solides conservent donc, jusqu'à un certain point, la *mobilité moléculaire* qui caractérise l'état liquide et l'état gazeux. Il subsiste toutefois une différence notable entre les solides et les liquides. Tandis que les liquides peuvent envoyer leurs molécules dans l'*espace vide*, *s'évaporer*, dans l'acceptation véritable de ce mot, les corps solides paraissent émettre plus aisément les leurs dans un milieu matériel déterminé, approprié à leur nature spéciale. Pour eux, l'*espace pénétrable*, c'est plutôt la matière : voilà le vrai milieu de leur expansion ; tandis que le *vide* leur est plus impénétrable. Cette proposition paradoxale ne peut se concevoir, à la vérité, que si le détachement d'une molécule d'un premier solide se trouve subordonné à son remplacement immédiat par une molécule du second solide, c'est-à-dire si la diffusion des métaux au contact est réciproque.

Nous nous trouvons, de la sorte, incidemment conduits

---

(1) *Zeitschrift für phys. Chemie*, V, p. 322, 1890.

à comprendre pourquoi certains corps se dissolvent dans d'autres, tandis qu'il en est qui ne se dissolvent pas. La *solubilité* serait la manifestation de la faculté des molécules de se remplacer l'une l'autre.

Il ne sera pas sans intérêt de rappeler que le type le plus complet de substances infiniment miscibles, ou réciproquement solubles, nous est fourni en effet par les *corps isomorphes* étudiés, il y a déjà longtemps, par Mitscherlich. On le sait, les corps isomorphes ont, comme leur nom l'indique, une *même forme cristalline*, alors qu'ils sont d'espèces chimiques différentes. Un mélange de leur solution fournit des cristaux, toujours de même forme, mais qui contiennent des proportions quelconques de l'un et de l'autre corps. Du fait que les corps isomorphes coopèrent si aisément à l'édification d'un même cristal, on a conclu à l'identité de volume et de forme de leurs molécules. Alors il n'y a plus de difficulté à leur remplacement mutuel dans un cristal. Leurs molécules sont comme des pierres de même forme, mais de nature différente, dont on se servirait pour élever une construction d'un style déterminé.

Il est évident, d'autre part, qu'un type tout aussi accompli de substances infiniment miscibles nous est donné par les corps de même espèce chimique. Ici, tout est égal, forme et composition : aussi ces substances se dissolvent-elles en toute proportion.

Entre ces types bien caractérisés viennent s'échelonner toutes les autres substances. Parmi celles-ci, il s'en rencontrera dont les molécules, sans être vraiment de même forme, ne sont cependant pas si différentes qu'une substitution de l'une par l'autre ne puisse avoir lieu, *grâce au jeu des espaces intermoléculaires*. Mais on conçoit que la

solubilité réciproque ne saurait être infinie : elle devra s'approcher d'une limite, invariable à une température donnée, d'autant plus vite que les *espaces intermoléculaires* seront pris plus à partie. Quand la température s'élève, les espaces intermoléculaires s'élargissent, la *tolérance* envers l'inégalité de forme des molécules grandit, et avec elle, la solubilité.

Si nous nous sommes permis ces spéculations, c'est qu'elles se prêtent à un contrôle assez frappant.

En effet, si l'agglutination des corps n'est pas seulement un *acte mécanique*, une sorte de pétrissage sous pression, n'intéressant pas immédiatement les forces moléculaires, mais plutôt la conséquence d'une dissolution réciproque des corps solides, il faut de toute nécessité que des corps non solubles l'un dans l'autre ne se soudent pas par la compression. C'est là ce que montre l'expérience. On sait que le plomb et le zinc, fondus, ne sont pas miscibles; ils se séparent l'un de l'autre quand on les a mêlés, comme l'huile et l'eau. Ce n'est qu'à des températures élevées que la solubilité de ces métaux devient sensible (1). Le bismuth, de son côté, se comporte comme le plomb vis-à-vis du zinc. Eh bien, si l'on comprime, à froid, un mélange de plomb et de zinc en poudre, ou de bismuth et de zinc, on n'obtient qu'un *agglomeré* dû à l'enrobement du zinc par le plomb ou par le bismuth, et non une masse homogène.

Ce résultat peut nous encourager dans nos spéculations et nous engager à chercher aussi pourquoi les corps non

---

(1) Voir W. Spring et L. Romanoff, *Sur la solubilité réciproque du bismuth et du plomb dans le zinc.* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 3e sér., t. XXXII, p. 51, 1896.)

malléables ne se soudent pas par la compression. C'est que la malléabilité n'est qu'une manifestation de la mobilité relative des molécules. Cette mobilité est, à son tour, la condition première de l'*interdiffusion*, ou de la dissolution réciproque des corps solides à leur surface de contact.

La mobilité des molécules dépend elle-même de leur *simplicité*. C'est un fait généralement observé. Les molécules les plus mobiles sont les molécules des gaz, c'est-à-dire les molécules peu ou point *polymérisées*. A mesure que la polymérisation se produit, on constate, d'une manière générale, que les corps perdent d'abord de leur *volatilité*, puis de leur *fusibilité*, et enfin de leur *malléabilité*. Les corps les plus durs, les moins malléables, comme le diamant, le corindon, le quartz et d'autres, sont aussi parmi les moins fusibles. Portés au contact parfait par une compression suffisante, ils ne donnent lieu à aucune diffusion de matière à la surface de contact, l'*hypertrophie* de leurs molécules contrariant le déplacement. La poudre de ces corps (1) ne montre pas le moindre vestige de liaison. Il en a été de même pour beaucoup d'autres, bien qu'à un degré moins évident. Je citerai notamment les oxydes des métaux. Notre éminent confrère, M. L. Henry, les a regardés il y a déjà longtemps, on le sait, comme des produits *polymérisés*.

Quoi qu'il en soit, nous ne devons pas encore considérer ces vérifications comme décisives. On peut se demander, en effet, si la soudure des solides n'est pas, quand même, la conséquence du *pétrissage* inévitable produit par la

(1) Je n'ai pas expérimenté à l'aide du diamant; la preuve directe n'est donc pas donnée pour ce corps.

compression, plutôt que celle d'une *dissolution solide*. Les grains solides pourraient bien se comporter comme les boulettes d'argile que l'on malaxerait et former masse sans que la diffusion jouât un rôle capital.

Cette remarque doit aussi être soumise au contrôle de l'expérience. Il suffit pour cela d'*éliminer la compression* des essais et de s'assurer si les solides se soudent encore lorsqu'on aura pris toutes les précautions voulues pour réaliser leur contact physique parfait, par simple superposition.

A cette fin, nous avons dressé des surfaces planes de divers métaux, tels que l'or, le platine, l'argent, le cuivre, le zinc, le plomb, le bismuth, etc.; puis ces surfaces ont été appliquées l'une sur l'autre, sans aucune pression autre que celle qui résultait du poids des matières (1).

Une élévation de la température hâtant, comme on sait, la diffusion des corps dans une mesure très grande, nous avons placé les couples métalliques dans une étuve chauffée, afin d'abréger la durée des expériences. La température a été maintenue, toutefois, toujours beaucoup au-dessous du point de fusion des métaux. Par exemple, pour le platine, elle était à 1600° sous ce point; pour l'or et le cuivre, à environ 800° sous leur point de fusion, et pour les métaux plus fusibles, à environ 200°. La durée du contact a varié de trois à douze heures, suivant la *dureté* du métal.

Le résultat a été surprenant. Les pièces des métaux de même espèce étaient soudées au point de ne plus former qu'une masse. Le *joint* n'était même plus visible après

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVIII, p. 23, 1894.

la régularisation de la surface. D'autre part, les couples de métaux différents s'étaient alliés dans la région de contact, d'autant plus profondément que leur malléabilité était plus grande. Ainsi, le *cuivre* et le *zinc* avaient formé une couche de laiton d'un quart de millimètre d'épaisseur, tandis que le couple *étain-plomb* s'était allié sur une épaisseur de près de 6 millimètres. Enfin, les métaux n'ayant pas la faculté de se dissoudre : le zinc et le plomb, le zinc et le bismuth, n'avaient montré qu'un commencement de liaison, sans solidité aucune.

Le parallélisme de ces faits et des précédents saute aux yeux : il montre que vraiment l'agglutination des solides n'a lieu que si ceux-ci ont le pouvoir de se dissoudre.

On ne doit cependant pas regarder une théorie comme vraie parce qu'un certain nombre de ses conséquences trouvent une vérification. On a souvent pu constater que tout un ensemble de phénomènes naturels s'interprètent également bien de façons différentes. Par exemple, les phénomènes de l'optique ont été expliqués, pendant longtemps, aussi aisément par la théorie dite de l'*émission* que par celle des *ondulations de l'éther*. La supériorité de la dernière n'a apparu que le jour où certains faits furent découverts dont la première ne pouvait rendre compte. Il faut donc se garder de mettre un terme aux recherches et ne pas se laisser séduire par une harmonie apparente entre les conceptions et les faits. C'est guidé par cette pensée que nous avons cru utile de vérifier si les réactions chimiques qui se passent au sein des *liquides* conservent leur caractère particulier dans le cas des *solutions solides*.

On sait en quoi consiste ce caractère. Quand on mêle deux solutions en état de fournir, par voie de réaction

chimique, des produits solubles, il y a généralement arrêt de l'acte chimique avant l'épuisement complet des réactifs. On dit que les réactifs et leurs produits sont en *équilibre*. Par exemple, si l'on mêle une solution de salpêtre potassique et une solution de chlorure de sodium, il se forme du salpêtre sodique et du chlorure de potassium *en quantité limitée seulement* : une proportion déterminée des réactifs paraît devenue *inactive* ou incapable d'accomplir le travail chimique. Inversement, si l'on mêle des solutions de salpêtre sodique et de chlorure de potassium, il se produit du salpêtre potassique et du chlorure sodique, mais bientôt la réaction est arrêtée. Dans l'un et l'autre cas, l'arrêt se produit au même moment chimique, savoir : quand le rapport des produits des masses actives des corps réagissants a atteint une même valeur constante. Ce fait est connu en chimie sous le nom de *loi de Guldberg et de Waage*. Il peut s'exprimer encore en disant que l'acte chimique cesse lorsque la force qui donne l'impulsion à une réaction est équilibrée exactement par celle qui détermine la réaction inverse.

Tel est le point qu'il y avait lieu de vérifier en soumettant à la compression des corps solides de nature chimique différente.

Pour des motifs d'ordre spécial, qu'il est superflu de rappeler pour le moment (1), nous avons fait choix de mélanges de sels dont l'un d'eux était rapidement soluble dans l'eau et, par conséquent, facile à éliminer au moment de l'analyse, tandis que l'autre était insoluble

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. X, p. 204, 1885, et *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. XLVI, p. 299, 1886.

dans le même liquide. Nous avons comprimé d'abord un mélange de *sulfate de baryum* et de *carbonate de sodium* bien secs, puis, à titre de réaction inverse, un mélange de *carbonate de baryum* et de *sulfate de sodium*. Le résultat a répondu complètement à notre attente. Il s'est produit une double décomposition entre les réactifs, *et celle-ci a été arrêtée, dans l'un et dans l'autre cas, par la réaction inverse*. Ainsi donc, les réactions chimiques qui se passent entre les corps solides sous forte pression sont soumises à la loi qui régit les réactions des liquides miscibles ou des solutions. C'est que, incontestablement, le *processus* est le même dans les deux cas : entre l'état solide et l'état liquide il n'y a pas de différence essentielle, mais seulement une manifestation inégale d'une propriété commune : la *mobilité moléculaire*.

Il paraît donc établi que la solubilité réciproque des corps est non seulement une condition de leur agglutination à l'état solide, mais encore de leur combinaison chimique sous l'influence de la pression.

*
* *

Est-elle la seule condition nécessaire? Les expériences précédentes permettent, je crois, de répondre affirmativement en ce qui concerne l'*agglutination* ou la *soudure*, mais non en ce qui concerne la *réaction chimique*. Celle-ci est d'ordre plus compliqué. Elle comprend notamment un facteur qui n'entre pas en compte quand on provoque seulement la soudure de fragments d'une même espèce chimique; nous voulons parler de la *variation de volume* qui accompagne généralement la combinaison de deux corps.

Il arrive le plus souvent que le volume du produit de la combinaison de deux ou de plusieurs corps est plus petit que la somme des volumes des éléments non combinés. Par exemple, la formation du *sulfure d'argent* est accompagnée d'une contraction de 6.3 °/₀ du volume de ses éléments; c'est-à-dire que 100 volumes d'un mélange de soufre et d'argent, composé dans les proportions voulues par la formule du sulfure ($Ag_2S$), ne donneront que 93.7 volumes de sulfure d'argent. Nous désignerons une combinaison de ce caractère par le n° 1.

Le cas contraire se produit plus rarement. Un exemple nous est fourni par l'*hydrate de sulfure d'arsenic*, dont le volume est de 4.8 °/₀ *plus grand* que la somme des volumes de l'eau et du trisulfure d'arsenic anhydre, ainsi que nous l'avons constaté lors de l'étude de cet hydrate nouveau (1). Nous désignerons ces dernières combinaisons par le n° 2.

Eh bien, si l'on comprime, à la température ordinaire, un mélange d'éléments en état de produire une combinaison du n° 1, on observe que la pression favorise d'autant plus l'acte chimique que la solubilité réciproque des éléments est plus prononcée. Par exemple, l'*argent* et le *soufre* se combinent bien sous pression; ce métal passe d'ailleurs déjà à l'état de sulfure quand il est seulement exposé aux vapeurs de soufre. Au contraire, le *zinc* et le *soufre*, qu'on peut fondre dans un même creuset sans qu'il se forme, pour ainsi dire, de sulfure de zinc, ne se combinent guère mieux sous pression, bien que la contraction résultant de la combinaison soit de près de 5 °/₀ du volume des éléments.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXX, p. 199, 1895.

Nous avons réalisé de la sorte, à froid, par la compression, un grand nombre de combinaisons du n° 1, surtout des *sulfures* et des *arséniures* (1). L'ancien adage des chimistes : *Corpora non agunt nisi fluida*, ne peut donc plus être admis, comme autrefois, au pied de la lettre : c'est la vitesse de la réaction qui dépend en grande partie de l'état de fluidité de la matière, mais non la réalisation ou la non-réalisation de la combinaison.

Nous pouvons prévoir sans peine, à présent, les résultats que va fournir la compression des éléments des combinaisons du n° 2. Toute trace de réaction chimique fait défaut cette fois. Mais il y a plus : si l'on comprime le corps composé, préparé auparavant par les procédés chimiques ordinaires, on provoque sa *décomposition*. C'est ainsi que le *sulfure d'arsenic hydraté*, mentionné à l'instant, se résout en sulfure anhydre et en eau. Je citerai encore l'acétate cuprico-calcique, qui est plus volumineux que ses composants immédiats. Sa décomposition se fait lentement, mais elle est d'autant plus commode à constater qu'elle a pour conséquence un changement de couleur frappant : l'acétate double est bleu foncé, tandis que les produits de sa décomposition, *l'acétate de cuivre mêlé d'acétate de calcium*, représentent un mélange vert clair (2).

*
* *

Il n'y a donc pas de différence essentielle entre la force qui préside aux réactions chimiques, entre l'*affinité* en un mot, et la force de *cohésion* qui retient, unies les

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XLIX, p. 323, 1880, et 3e sér., t. V, pp. 299 et 492, 1883.

(2) *Ibid.*, 3e sér., t. XIII, p. 409, 1887.

unes aux autres, les molécules dans un corps liquide ou dans un corps solide; elles sont, bien probablement, deux manifestations d'une même puissance. La cohésion, en effet, comme l'affinité, est intimement liée aux conditions de volume que les forces mécaniques contraignent les corps d'occuper. Si l'on diminue le volume d'une vapeur, on détermine sa condensation partielle : voilà bien un réveil de la cohésion; mais si l'on comprime de la glace à 0°, on opère son *dégel* sans lui fournir de la chaleur, parce que la glace occupe un plus grand volume que l'eau qui en résulte. C'est un cas évident d'affaiblissement de la cohésion, produit par la compression.

Si l'*état* de la matière dépend de l'exercice de la cohésion, on reconnaîtra que cet exercice, à son tour, se trouve subordonné au volume que la matière est obligée d'occuper. Quand l'espace offert aux molécules est trop petit pour leur structure actuelle, celles-ci en prennent spontanément une autre, comme pour mieux *s'emboîter* dans l'espace qui leur est offert.

Nous avons pu réaliser de cette façon le passage de plusieurs substances d'un de leurs états allotropiques à un autre.

Nous avons transformé notamment du soufre de la variété dite *prismatique* dans celle, plus dense, *octaédrique;* de l'*arsenic amorphe*, *noir*, a passé, sous pression, à l'état cristallin, etc., etc.

Ces faits étaient acquis depuis longtemps lorsqu'ils reçurent une éclatante confirmation par la production artificielle, à l'aide de la compression, de petits grains de *diamant*.

M. Moissan a montré, il y a quelques années, que le

carbone dissous dans le fer fondu se transformait en *diamant* quand on prenait les dispositions nécessaires pour que la solidification ait lieu sous forte pression. On le voit, c'est là un cas particulier d'un principe général qui avait été reconnu, chez nous, depuis de nombreuses années.

A ces résultats se rattache un fait complémentaire; l'importance qu'il me paraît avoir pour notre connaissance de la matière en général, me détermine à le mentionner. L'expérience a prouvé que la compression ne produit une diminution *permanente* du volume d'un corps solide que dans le cas où celui-ci admet un état allotropique plus *dense*. Quand cette condition n'existe pas, la compression ne diminue le volume du corps solide à une température donnée que pendant la durée de son exercice; sitôt rendu à lui-même, le solide revient exactement à son volume primitif. Il se comporte donc, à cet égard, comme un gaz proprement dit, dont le volume ne demeure réduit que pendant la durée de la compression (1). *Les solides sont*, par conséquent, *doués d'une élasticité aussi parfaite que les gaz*, et rien ne nous autorise, jusqu'à ce jour, à regarder comme réalisable la transformation, par des moyens mécaniques, d'un élément chimique en un autre, comme d'aucuns l'ont pensé.

*
* *

Tous ces résultats nous disent pourquoi la compression seule des dépôts sédimentaires n'a pu causer la solidification de nos roches : c'est que la plasticité et la malléabilité font défaut aux matières premières.

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. VI, p. 507, 1883.

Mais la nature a sans doute mis en jeu un facteur dont nous n'avons pas encore tenu compte : l'humidité.

On sait que la solubilité de beaucoup de corps dans l'eau est augmentée par l'effet de la pression. On pouvait légitimement se demander si des corps passant pour insolubles, par exemple le *sable*, ne manifesteraient pas un commencement de dissolution quand ils se trouveraient fortement comprimés au contact de l'eau.

Pour répondre à cette question, nous avons comprimé un grand nombre de corps solubles ou insolubles, non plus en poudre sèche, mais en poudre humide.

Le résultat général a été conforme à nos prévisions; il peut se résumer ainsi qu'il suit :

Le volume d'une solution n'est presque jamais la somme exacte du volume du dissolvant et de celui du corps qui s'est dissous. Le plus souvent, il est *plus petit*, c'est-à-dire que la solution est accompagnée d'une *contraction* de la matière; quelquefois, au contraire, il y a *dilatation*. Eh bien, tous les corps remplissant la première condition se sont soudés incomparablement mieux à l'état humide qu'à l'état sec. C'est que leur solubilité grandit avec la pression : le dissolvant se charge de matière et, quand la pression vient à cesser, il se comporte comme un *liquide sursaturé*. Il abandonne la substance dissoute au contact du restant du solide et il en cimente les grains. Au contraire, les corps satisfaisant à la seconde condition (1) se soudent mal à l'état humide, parce que le dissolvant emprisonné refond la matière quand la pression cesse.

Enfin, les corps passant pour insolubles dans l'eau et

(1) Par exemple : l'iodure de potassium, le chlorure d'ammonium.

privés de malléabilité (1) se soudent mieux à l'état humide qu'à l'état sec. Nous avons obtenu des *agglomérés* dont la surface présentait un aspect extrêmement intéressant. Elle était vitreuse, transparente et semblait témoigner d'un commencement de liquéfaction. Le carbonate de cuivre était particulièrement démonstratif : tandis que le bloc formé par la compression de la poudre humide avait conservé, dans sa profondeur, la couleur vert pâle de la poudre, la surface était comme enduite d'une couche de *malachite*, verte et transparente. Les surfaces de cette nature rappelaient entièrement les surfaces de glissement que l'on rencontre dans nos roches anciennes; elles aussi sont généralement vitreuses jusqu'à une faible épaisseur et forment un enduit sur la roche grenue.

Il paraît donc que certaines substances, insolubles dans l'eau dans les conditions ordinaires, acquièrent la faculté de se dissoudre quand elles se trouvent fortement comprimées au contact de leur dissolvant. Il convient toutefois de ne pas perdre de vue que dans les expériences précédentes, il ne s'est produit qu'une *dissolution superficielle*. Néanmoins, elle a suffi pour provoquer l'agglutination des solides.

*
* *

Il est permis, à présent, de supposer que les grains de sable de nos grès, ou les cailloux roulés de nos poudingues, se sont enduits d'une *solution sursaturée d'acide silicique* par l'action de la pression, et que cette solution,

(1) Par exemple : le minium, le peroxyde de manganèse, l'hydrate de fer, le carbonate de calcium, etc.

*en équilibre instable*, a fourni le ciment nécessaire à la solidification.

Il n'est pas sans intérêt de constater qu'il existe véritablement entre les grains de sable des grès et les cailloux des poudingues un *enduit siliceux* échappant à l'observation directe.

L'acide silicique, en effet, même à l'état solide, sec, jouit de la propriété de se dissoudre lentement dans une solution de potasse ou de soude, tandis que les grains quartzeux sont réfractaires ou ne sont attaqués qu'avec une lenteur extrême.

Un bloc de grès ou de poudingue devra donc se désagréger dans une solution de potasse, s'il se trouve véritablement entre ses grains une couche de silice, quelque fine qu'elle soit.

L'expérience a pleinement confirmé cette déduction : toutes les roches quartzeuses ou schisteuses qui ont été examinées, se sont *désagrégées* dans le liquide alcalin, mais avec une rapidité plus ou moins grande, selon leur nature. Les grès de formation relativement récente, tels que les grès tertiaires (landeniens) ou les grès secondaires (keupriques), n'ont demandé que quelques semaines pour se désagréger à la température de l'*eau bouillante*, tandis que les grès plus anciens, les psammites et surtout les poudingues, ont opposé une résistance bien plus grande aux alcalis. Ils n'étaient devenus que plus ou moins friables, lorsque les premiers étaient déjà retournés à l'état de sable meuble. La raison de cette plus grande résistance est toute naturelle. Elle se trouve bien probablement dans cette circonstance que l'acide silicique qui cimentait les grains est passé plus complètement, dans la suite des temps, à l'état *quartzeux*, réfractaire à la solution de potasse.

Notre problème peut paraître résolu à la suite de ces essais; cependant tout doute n'est pas encore levé. Il reste notamment un point fondamental à élucider.

*
* *

Il y a des roches compactes qui, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, n'ont jamais eu à supporter les pressions énormes mises ici en jeu, savoir des pressions allant jusque 10,000 atmosphères. On peut citer, à cet égard, les *grès tertiaires* qui sont, de l'avis des géologues, des formations superficielles n'ayant pas eu à supporter une charge bien considérable. On doit donc s'assurer encore si une solution silicique traversant, par simple infiltration, une masse sableuse, est en état de la cimenter à la suite de l'évaporation lente de l'eau de dissolution.

A cette fin, nous avons essayé de *coller* du sable à lui-même, au moyen d'une solution d'acide silicique colloïdale.

On sait que l'acide silicique colloïdal, soumis à la dessiccation spontanée, lente, devient une masse vitreuse d'une grande dureté. Après avoir fait une pâte de sable et d'acide silicique, on l'a laissée se dessécher. L'agglutination du sable s'est montrée *absolument nulle*. La raison de ce résultat décourageant a été reconnue à la suite d'un examen microscopique de la matière. L'acide silicique avait adhéré, à la vérité, aux grains de sable; mais par suite de l'énorme contraction qui accompagne la dessiccation, il s'était *craquelé* dans tous les sens autour des grains de sable et il n'était demeuré qu'une masse meuble. La cause de l'insuccès étant connue, le remède s'indiquait de lui-même. En forçant les grains de sable à

se rapprocher les uns des autres par une pression légère mais continue, de façon à suivre le retrait de l'acide silicique (1), nous avons obtenu des parties solides, imitant assez bien les grès récents.

On le voit, ce procédé rappelle entièrement celui qu'on met en pratique quand on colle deux pièces de bois à l'aide d'une solution de gélatine. Si les pièces ne sont pas serrées l'une contre l'autre, de manière qu'elles se trouvent obligées à suivre le retrait de la colle pendant sa dessiccation, le collage manque de solidité, quand il n'est pas tout à fait compromis. Le *serrage* ne doit pas être extrême, sinon la colle serait exprimée des joints; il suffit qu'il réponde à la condition de faire suivre au bois le retrait de la gélatine.

La solidification des roches peut donc aussi avoir eu lieu, dans la nature, à la suite d'une infiltration d'eaux siliceuses, accompagnée d'une compression d'intensité relativement faible, mais ayant duré longtemps. La coopération de ces facteurs paraît indispensable, car la pression seule, comme l'infiltration seule, sont inefficaces, autant qu'on peut conclure des expériences de laboratoire.

La solidification des roches calcareuses peut également être ramenée à un procédé analogue. Les débris de coquilles imprégnées d'une solution de carbonate calcique, d'autant plus concentrée que la pression était plus grande, ont pu se souder à la faveur du départ de l'anhydride carbonique par diffusion dans l'atmosphère et de la cristallisation lente du sel calcaire primitivement dissous.

---

(1) Le détail de ces expériences, encore inédites, fera l'objet d'une note spéciale.

*
* *

Je n'abuserai pas davantage, Mesdames et Messieurs, de votre bienveillante attention, et je ne ferai pas l'énumération des problèmes qui se rattachent encore aux faits que j'ai eu l'honneur d'exposer. Je me permettrai pourtant encore une remarque, parce que celle-ci peut servir d'encouragement aux travailleurs, surtout aux jeunes travailleurs, parfois prompts à se rebuter quand ils voient leurs premiers efforts ne pas recevoir le couronnement espéré.

Le point de départ des recherches présentes se trouvait dans la pensée que la compression pouvait avoir été l'unique cause de la solidification des roches. Cette pensée faisait naître un parallèle, pour ne pas dire une analogie, entre les glaciers gigantesques qui couvrent des étendues considérables et nos terrains de sédiment. Les glaciers doivent en effet leur origine aux milliards de flocons de neige qui se sont soudés lentement par la compression développée par leur poids. Les roches auraient dû leur solidification à un procédé semblable. La formation des uns et des autres aurait été ramenée, alors, à une seule et même cause.

L'expérience a cependant prouvé que cette simplification ne répondait pas à la réalité : pour agglutiner les éléments des roches, il faut, en première ligne, *un ciment*, tandis que la glace se soude immédiatement à elle-même. Le point de départ était donc erroné. Néanmoins les investigations qui ont révélé cette erreur ont porté des fruits inattendus et nous ont dévoilé des propriétés jusqu'alors inconnues chez les corps solides.

Il suffit donc d'entreprendre la lutte contre l'inconnu

et de persévérer dans le combat, même si l'on suit un plan fautif et si l'on se sert d'armes défectueuses, pour récolter quelques fruits; c'est que, comme le disait notre regretté et éminent confrère J.-C. Houzeau, dans un de ses plus charmants écrits : « La nature a toujours des fleurs pour celui qui la cultive. »

—

*Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique :* STAS ET LES LOIS DES POIDS; par Louis Henry, membre de l'Académie.

Les réactions chimiques qui représentent une part si considérable et si importante de l'activité de la matière, ne s'établissent pas au hasard. Aussi bien, la Providence divine n'a conféré à cet être imaginaire aucune juridiction dans le gouvernement du monde. Des lois précises déterminent les rapports de *qualité* et de *quantité* des corps qui sont les facteurs des actions chimiques. Celles d'entre ces lois qui règlent les relations de *quantité* des masses réactionnelles, se résument, avec autant d'exactitude que de concision, dans ce verset du *Livre de la Sagesse* que Berzélius, à l'exemple de Richter, s'est plu à citer à la première page de son traité historique des *Proportions chimiques :*

Omnia in mensurâ, et numero et pondere disposuisti (1).

Cette synthèse, d'une si vénérable antiquité, est bien digne de provoquer l'étonnement, si l'on songe que les lois qui en sont le commentaire explicite ont été pour la plupart formulées dans le cours de notre siècle.

---

(1) *Sap.*, XI, 21.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que la découverte de ces lois fondamentales constitue, comme celle des lois de Képler et des lois de Newton, une des acquisitions les plus précieuses de la philosophie naturelle.

Il est honorable pour notre pays de n'être pas étranger à l'histoire de cette législation scientifique. Je voudrais montrer en ce moment la part qui revient, dans son établissement définitif, à un chimiste belge, que notre Compagnie compte parmi ses illustrations, Jean-Servais Stas.

Je sais bien qu'à diverses reprises déjà des hommages autorisés ont été rendus ici même à notre éminent Confrère et à son œuvre (1), mais il est des sujets qui ne s'épuisent pas, et je me plais à croire que l'on voudra bien reconnaître que ma parole n'a été aujourd'hui ni superflue ni inutile.

Il est pénible de devoir en convenir, les mémorables travaux de Stas ne sont pas connus comme ils méritent de l'être, comme ils devraient l'être. Même dans le monde des chimistes, — et ce n'est pas sans confusion que je le constate, — on se méprend fréquemment sur leur nature

---

(1) Rapport du jury chargé de décerner le prix quinquennal des sciences physiques et mathématiques :

Première période, 1859-1863. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XVIII, p. 516 (année 1864).

2e période, 1864-1868. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XXVIII, p. 648 (année 1869).

*Manifestation en l'honneur de J.-S. Stas, à l'occasion de son cinquantième anniversaire de membre de l'Académie :* Discours de MM. Tiberghien, Plateau et Spring. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXI, p. 728 (année 1891).

*Inauguration du monument érigé à la mémoire de J.-S. Stas.* Discours de M. le général Brialmont. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXXIII, p. 732 (année 1897).

et leur portée doctrinale. On sait bien que, émule de Berzélius, Stas s'est occupé pendant une grande partie de sa longue vie, et de la manière la plus distinguée, de la détermination des poids atomiques (1) des éléments chimiques. Pour certains, pour beaucoup, son œuvre, que l'on couvre d'ailleurs d'admiration, est là et se borne là. Il est vrai qu'il en fut ainsi jusqu'en 1860, et le premier de ses grands mémoires porte pour titre : *Recherches sur les rapports réciproques des poids atomiques* (2). Mais à partir de cette époque, à la suite de circonstances que j'indiquerai dans quelques instants, l'horizon de ses recherches s'élargit. Sans changer d'allures, elles embrassent d'autres questions générales encore que la fameuse hypothèse de Prout. L'étude des lois des combinaisons, quant aux poids, fait partie dès lors du programme expérimental de notre confrère. Aussi son second mémoire, paru en 1865, est-il intitulé : *Nouvelles recher-*

---

(1) Depuis l'époque de la publication des mémoires de Stas, le langage chimique s'est perfectionné. Les expressions d'*atome* et de *molécule* ont reçu un sens très précis, comme celles de *poids atomique*, de *nombre proportionnel* et d'*équivalent*. On ne confond plus aujourd'hui les *poids atomiques*, ni avec les *nombres proportionnels* ni avec les *équivalents*, comme autrefois.

Stas ne s'est occupé en réalité que de la détermination de *nombres proportionnels*. Comme le fait remarquer, avec tant de vérité, Lothar Meyer [1], *l'analyse chimique ne peut pas seule et d'une manière définitive conclure sur les poids atomiques*.

Si, m'occupant des travaux de Stas, j'emploie encore le terme de *poids atomique*, c'est pour me conformer à l'usage et n'introduire aucune complication dans l'exposé de mes observations.

(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. X, p. 208.

[1] *Les théories modernes de la chimie*, etc., t. I, p. 76. Édition française.

*ches sur la loi des proportions chimiques, sur les poids atomiques et leurs rapports mutuels* (1).

Est-il bien nécessaire de dire à présent que cette étude historique m'a été inspirée par une pensée de vérité et de justice? Au moment où j'en ai conçu le dessein, j'ai relégué loin de moi toute considération étrangère. La vérité et la justice, qui sont au-dessus de tout et passent avant tout, ont des droits imprescriptibles.

Quoique restreinte à une enquête purement scientifique, ma tâche n'en demeure pas moins, sous certains rapports, délicate à accomplir. C'est que j'ai à relever les mérites de notre illustre confrère, non seulement contre l'inattention et la méconnaissance d'autrui, mais aussi, à certains égards, contre lui-même. Et je sais que son esprit était rigide et son âme austère. Vivant, il pensait, je n'en doute pas, ce que disait Montaigne parlant de lui-même : « *Je ne laisse rien à désirer, ni deviner de moy.* » *Si on doibt s'en entretenir, je veulx que ce soit véritable-* » *ment et justement. Je reviendrois volontiers de l'aultre* » *monde pour desmentir celui qui me formeroit aultre que* » *je n'estois, feust-ce pour m'honorer* (2). »

Dumas, dont Stas était fier d'avoir été l'élève et dont il devint le collaborateur, a écrit quelque part : « *L'Aca-* » *démie veut que ceux qui l'ont honorée soient loués digne-* » *ment* (3). »

On pense en cela à Bruxelles comme à Paris. Et puisque le respect scrupuleux de la vérité est un élément

---

(1) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique,* in-4°, t. XXXV (année 1865).

(2) *Essais,* liv. III, ch. IX, p. 119. Paris, Lebègue et Firmin Didot (1833).

(3) *Éloge de Faraday.*

essentiel de la dignité dans l'appréciation des hommes et des choses, je me suis fait, ayant à parler de Stas, une règle stricte de ne pas « le former aultre qu'il n'estoit », certain que l'exposé tout simple de la vérité suffit pour sauvegarder ses droits et assurer sa gloire.

## I.

A tout seigneur, tout honneur. Je dois m'expliquer avant tout avec Stas lui-même.

Dans l'introduction du second de ses mémoires sur les poids atomiques, il s'exprime comme suit au sujet de la loi des proportions définies :

« La loi des proportions définies se compose de deux » vérités naturelles distinctes. . . . . .
» . . . . . .

» Ces deux vérités sont la constance de composition » de toute combinaison et l'invariabilité des rapports en » poids des éléments formant toutes les combinai- » sons (1). »

Cette proposition est d'une clarté parfaite qui écarte toute équivoque. Mais il est nécessaire d'ajouter à cette citation les paroles qui la complètent :

« *Telle qu'elle est généralement entendue*, dit Stas, la loi » des proportions définies se compose de deux vérités » naturelles distinctes, *quoique l'une, à proprement parler,* » *ne soit que la conséquence de l'autre.* »

Ici je m'arrête. Il y a là deux assertions qu'il importe de relever pour rétablir, dans son intégrité, la vérité, quant au *fait* et quant à la *doctrine,* pour restituer en

(1) Page 13.

même temps à notre illustre confrère la part qui lui revient dans l'énoncé constitutif de cette loi fondamentale.

Stas est dans l'erreur alors qu'il prétend que la loi des proportions définies, *telle qu'elle était généralement comprise avant lui*, renfermait les deux vérités qu'il a énoncées en termes si précis. C'est lui-même qui lui a donné cette portée et attribué cette signification. C'est à lui qu'en incombe la responsabilité et qu'en reviennent par conséquent le mérite et l'honneur.

J'ai consulté un grand nombre de traités de chimie, autant qu'il m'a été possible d'en recueillir, de diverses langues, français, allemands, anglais, parus avant 1865, date de la publication du mémoire de Stas. Chez tous, alors qu'elle est formulée d'une manière explicite, — ce qui n'est pas toujours le cas, — la loi des proportions définies ne comporte pas autre chose que la constance des rapports de poids suivant lesquels les corps se combinent pour former les corps composés considérés individuellement, c'est-à-dire la constance de composition des combinaisons chimiques au point de vue quantitatif.

Malgré tout l'intérêt qu'elles présentent à certains égards, je ne puis songer à faire défiler ici la longue série des citations qui prouvent l'exactitude de cette affirmation. Je me bornerai à une seule qui tire une importance particulière de sa date et du nom de son auteur. Voici comment s'exprimait, en 1864, au sujet de la loi des proportions définies, Ad. Wurtz, un des maîtres de la chimie contemporaine :

« Ce fait ou cette loi des proportions définies peut » s'exprimer ainsi :

» Les rapports pondéraux suivant lesquels les corps se

» combinent, sont invariables pour chaque combi-
» naison (1). »

Il y a quelque dix ans au moins que je me suis livré à ces constatations bibliographiques. On comprend que j'aie tenu à en faire connaître le résultat, ainsi que mon opinion au sujet de la portée de la loi des proportions définies, à notre éminent confrère. C'était lors d'une séance de notre Classe, en 1889, si je ne me trompe. Stas m'a répondu, avec une simplicité tranquille, dont j'ai été frappé, que cette situation ne lui était pas inconnue. J'ignore s'il en était déjà ainsi en 1865, au moment où il rédigea cette magistrale introduction à son célèbre mémoire sur les proportions chimiques, introduction que l'on peut citer parmi les meilleures pages de philosophie chimique écrites dans notre siècle.

Quoi qu'il en pût être, je n'ai pas manqué, depuis lors, de rétablir la vérité des choses, autant qu'il était en mon pouvoir, en présence de mes élèves, dans mes leçons et dans mes publications scientifiques.

Cette justice personnelle est évidemment bien insuffisante; elle en appelle une autre, qui, pour être complète, doit être générale et publique. La loi des proportions définies dans son sens habituel et restreint s'appelle la *loi de Prout*, chimiste français qui, au commencement de ce siècle, contribua puissamment, dans le cours de ses discussions avec Berthollet, à l'établir et à la faire accepter. Cette loi, dans son sens étendu, appliquée à la constance des rapports pondérables des éléments dans toutes les combinaisons, doit, au même titre, porter le

---

1) *Traité élémentaire de chimie*, etc., t. I, p. 7. Paris, 1864.

nom de son auteur, et s'appeler la *loi de Stas*. J'en fais la proposition. Quant à moi, il y a longtemps que je suis habitué à la désigner ainsi. Il serait juste que cette pratique devînt générale et cette dénomination classique. Je m'adresse dans ce but, avec le confiant espoir d'être écouté, à tous ceux qui ont la mission d'enseigner la chimie et, avant tout, à mes collègues de Belgique.

On doit s'étonner, et regretter plus encore, que, malgré la haute autorité de Stas et la notoriété universelle de son nom, on ait en général, depuis 1865, tenu en apparence si peu de compte de ses observations, d'une si lumineuse profondeur, au sujet de la loi des proportions définies. Il est bien minime le nombre des traités de chimie — on les compterait par unités — où cette loi capitale est énoncée et exposée telle qu'elle est en réalité, avec toute l'extension qu'elle comporte, comme l'a constituée notre illustre confrère. Souvent les auteurs classiques se répètent comme des échos fidèles, et bien rares sont toujours ceux qui recourent aux travaux originaux. Je le savais, mais je ne savais pas que, même dans les questions de première importance, la tradition fût aussi puissante et qu'il fût aussi malaisé d'en briser la chaîne.

## II.

Des deux vérités distinctes qui constituent, selon Stas, la loi des proportions définies, « l'une, et c'est la » seconde, n'est d'après lui, à proprement parler, que la » conséquence de l'autre ».

Il en est évidemment ainsi alors que l'on s'établit dans l'hypothèse atomique. Selon cette doctrine, les atomes,

qui sont les facteurs réels des actions chimiques, ont des poids déterminés et constants. Il suit de là que les rapports en poids suivant lesquels les corps s'associent pour former les combinaisons chimiques, considérées individuellement, sont aussi les rapports suivant lesquels ces mêmes corps se combinent pour former indistinctement toutes les combinaisons où l'on en constate l'existence. Mais il faut remarquer que la loi des proportions définies est un fait d'ordre primordial, en dehors de toute hypothèse, qui ne relève que de l'expérience et du calcul. La fixité et la constance des poids atomiques en sont la conséquence immédiate; elles rendent compte, avec une clarté parfaite, de la loi des proportions définies et des deux vérités qu'elle renferme, telle que Stas la conçoit. Mais il est évident qu'en dehors de cette théorie, la seconde de ces vérités ne peut pas se déduire de la première, à titre de conséquence. Ce serait sortir de la logique des choses et faire une pétition de principe.

Au surplus, Stas a pris soin de nous renseigner lui-même sur les relations de filiation de ces deux vérités distinctes. Voici ce qu'on lit dans son mémoire :

« La constance de composition de toute combinaison » ne prouve pas que les rapports en poids, que leurs » éléments observent, se maintiennent d'une manière » absolue dans les combinaisons avec d'autres corps (1). »

Et pour éclairer sa pensée en la précisant par des exemples, il ajoute :

« Ainsi la composition du sulfate et du sulfure de » baryum peut être constante, sans que, pour cela, le

(1) Page 8.

» rapport en poids du soufre au baryum soit absolument
» identique au rapport que ces mêmes corps présentent
» entre eux dans le sulfate de baryum.

» Le caractère fondamental que l'on observe dans
» certaines doubles décompositions, c'est-à-dire le main-
» tien de la *neutralité* du liquide au sein duquel le
» phénomène s'est accompli, et qui a porté Wenzel, il y
» a bientôt un siècle, à supposer l'existence d'une
» loi, ne démontre pas rigoureusement que les rapports
» relatifs des métaux alcalins et terreux qui se remplacent
» dans une quantité donnée d'un même acide, sont les
» mêmes pour tous les acides, pas plus que *l'altération*
» *de cette neutralité* ne démontre que ces rapports relatifs
» ne sont pas les mêmes. »

On le voit, Stas a posé en termes précis le problème de l'*invariabilité des proportions chimiques dans toutes les combinaisons*. J'ajoute bien vite que c'est lui-même qui a le mérite de l'avoir résolu. Voici dans quelles circonstances il a été amené à s'occuper de cette question capitale.

## III.

Au cours de son appréciation du mémoire *Sur les rapports réciproques des poids atomiques*, paru en 1860, M. de Marignac avait dit « qu'il ne lui était pas démon-
» tré que bien des corps composés ne renferment pas
» normalement et constamment, un excès très faible
» sans doute, mais sensible dans des expériences très
» délicates, de l'un ou l'autre de leurs éléments (1) ».

---

(1) *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, t. IX (nouvelle période), p. 103 (1860).

Stas vit dans cette assertion la négation du principe des proportions définies et de l'invariabilité des poids atomiques.

« L'objection de M. de Marignac, dit-il, signifie qu'il » n'est pas démontré que, dans les combinaisons chi- » miques stables, les éléments qui les constituent sont » exactement et d'une manière invariable dans le rapport » de leurs poids atomiques (1). »

Émise par un chimiste que l'on regardait à bon droit comme la plus haute autorité dans les questions de ce genre, cette opinion émut profondément notre confrère.

« Il me semble, dit Stas, que cette opinion, si elle est » fondée en fait, conduit au renversement de toutes les » notions fondamentales. La loi des proportions définies, » la loi des proportions multiples cessent d'être des *lois* » *mathématiques;* elles deviennent forcément des *lois* » *limites*. L'hypothèse de l'existence d'atomes n'a plus » de raison d'être scientifique. En effet, elle n'a d'autre » fondement solide que la constance *réelle* et non point » *virtuelle* des combinaisons et l'*invariabilité réelle* et non » point *virtuelle* des rapports de poids des éléments qui » les forment (2). »

M. de Marignac se défendit plus tard d'avoir donné une telle portée à ses observations critiques, et prétendit que Stas en avait exagéré la signification (3).

Il serait inutile d'entrer dans l'examen de ce différend, puisque au témoignage de Stas lui-même, les lois des proportions chimiques n'étaient point à ce moment-là

---

(1) Mémoire cité, p. 7.
(2) *Ibid.*, p. 7.
(3) *Archives*, etc., t. XXIV, p. 372 (1865).

démontrées comme *lois mathématiques* (1). « Toutes les » analyses, dit-il, et toutes les synthèses exécutées depuis » un demi-siècle, sont impuissantes pour donner ce » caractère à la loi des proportions définies (2). »

Quelle que pût être la valeur des doutes émis par M. de Marignac, de nouvelles recherches étaient donc impérieusement nécessaires. Stas les entreprit avec toute l'ardeur d'une âme puissamment éprise de la vérité scientifique et avide de la découvrir : elles l'occupèrent pendant près de cinq années de sa vie laborieuse. Les résultats en sont consignés dans son second mémoire, paru en 1865.

L'objet en est trop important pour ne pas nous y arrêter pendant quelque temps.

La première partie de ce grand travail est destinée à établir la constance de composition des corps composés. Dans ce but, Stas reprit la détermination du nombre proportionnel entre l'argent et le chlorure d'ammonium, laquelle avait déjà fait, de sa part, l'objet de longues investigations. « J'ai choisi ce moyen, dit-il, pour deux » motifs, d'abord parce qu'il permet de faire intervenir, » comme conditions de formation, tantôt la température, » tantôt la pression, et ensuite parce que l'opération » peut être exécutée avec une précision qui touche à » l'exactitude mathématique (3). »

« Les résultats obtenus, dit-il plus loin (4), prouvent » que, dans la limite dans laquelle j'ai dû me renfermer

---

(1) Mémoire cité, p. 60.
(2) *Ibid.*, p. 61.
(3) *Ibid.*, p. 29.
(4) *Ibid.*, p. 58.

» pour rendre l'expérience possible, la *température* » n'exerce aucune influence sur la composition du chlo- » rure d'ammonium et du chlorure d'argent ; ils prouvent » de plus que la *pression* est sans influence aucune sur la » composition du chlorure d'ammonium. En effet, quels » que soient le mode de préparation du composé ammo- » nique et la température à laquelle la double décom- » position s'accomplit, son rapport proportionnel avec » l'argent est constant. Si tant est que la constance » admise des combinaisons chimiques stables avait encore » besoin d'être démontrée, il me semble que *l'identité* » *presque absolue des résultats des quatre séries de détermi-* » *nations la démontre à suffisance de preuve.* Cette con- » stance est ici d'autant plus remarquable, que le sel » ammoniac peut, comme je l'ai observé, condenser du » gaz ammoniac ou de l'acide chlorhydrique, au même » titre qu'une foule de corps condensent des gaz et des » vapeurs complètement étrangers à leurs éléments con- » stitutifs (1). »

La seconde partie de ce mémoire est consacrée à démontrer l'*invariabilité des proportions chimiques dans toutes les combinaisons indistinctement.*

« La constance de composition des combinaisons » stables étant admise, que faut-il, se demande Stas (2), » pour résoudre ce problème? Il faut prouver que dans » les corps binaires et dans les corps ternaires, par » exemple, ayant chacun *deux éléments communs,* les » éléments communs y existent *invariablement dans les*

---

(1) Mémoire cité, p. 58.
(2) *Ibid.*, p. 61.

» *mêmes* rapports en poids. Ainsi, dans deux corps, AB
» et ABC, les rapports en poids de A à B doivent être
» exactement les mêmes dans AB, et dans ABC.

» On conçoit que la solution du problème ainsi posé
» peut devenir indépendante de l'analyse proprement
» dite. En effet, pour résoudre ce problème, il s'agit seu-
» lement de rechercher si les corps ternaires peuvent être
» ramenés à l'état de corps binaires, sans qu'une frac-
» tion, quelque minime qu'elle soit, d'un des éléments
» communs devienne libre, ou inversement, si des corps
» binaires peuvent être transformés en corps ternaires,
» sans qu'une fraction d'un des éléments du composé
» binaire reste en dehors du composé ternaire produit. »

« Parmi les faits dont se compose la science chimique,
» poursuit Stas, on en cherche vainement un seul satis-
» faisant entièrement à ces conditions (1). La transfor-
» mation du chlorate et du bromate de potassium en
» chlorure et en bromure sous l'influence de la chaleur
» s'en rapproche le plus . . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

» Dans l'espoir de trouver dans « cette réaction »
» une solution du problème en question, j'ai fait de
» longues tentatives, mais elles sont restées toutes infruc-
» tueuses (2) . . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

---

(1) Mémoire cité, p. 62.

(2) *Ibid.* Je continue la citation :

« J'ai eu constamment des traces de chlore ou de brome, quoique
» j'eusse pris toutes les précautions imaginables pour dépouiller le
» *chlorate* et le *bromate* employés des quantités infiniment petites de

« Ayant échoué dans ces tentatives, j'ai porté mes » recherches vers une autre direction.

» On sait, continue Stas (1), que l'anhydride sulfureux » transforme en iodure d'argent l'iodate de ce métal » suspendu dans l'eau, en se convertissant en acide sul- » furique. J'ai constaté que sous la même influence, le » bromate passe à l'état de bromure et le chlorate à l'état » de chlorure d'argent. L'insolubilité absolue de l'io- » dure, du bromure et du chlorure d'argent dans l'eau » acidulée par l'acide sulfurique, et la possibilité de » trouver au sein d'un liquide un dix-millionième d'ar- » gent, d'iode, de brome ou de chlore, constituent donc » des conditions exceptionnellement favorables pour » soumettre la loi des proportions définies à une épreuve » décisive. »

Voici la conclusion de ces recherches que Stas déclare avoir été *d'une extrême difficulté d'exécution* (2).

Je lui laisse encore la parole : « Sous l'influence de

---

» silice ou de métaux étrangers qu'ils retiennent avec une désespé- » rante ténacité. Je n'ai pas été plus heureux avec le perchlorate de » potassium, etc. »

Stas est revenu plus tard sur la décomposition du chlorate de potassium par la chaleur.

Il a constaté que ce composé, absolument pur, — purifié par des cristallisations répétées dans de l'eau rendue alcaline par l'hydrate ou le sulfhydrate de potassium et séparé ainsi de toute silice, — se transforme intégralement en oxygène et en chlorure sous l'action de la chaleur. Il en résulte que le rapport proportionnel du chlore au potassium est absolument le même dans le chlorate que dans le chlorure de potassium.

Voir son mémoire *Sur le rapport proportionnel entre l'argent et le chlorure de potassium* dans ses *OEuvres complètes*, t. III, *OEuvres posthumes*, p. 462 (année 1894).

(1) Mémoire cité, p. 62.

(2) *Ibid.*, p. 63.

» l'acide sulfureux, l'iodate, le bromate, le chlorate d'ar-
» gent peuvent donc être ramenés à l'état d'iodure, de
» bromure et de chlorure, sans qu'une fraction, quelque
» minime qu'elle soit, d'iode, de brome, de chlore ou
» d'argent devienne libre. La conformité des résultats
» observés dans la transformation de ces trois composés
» ternaires à l'état de composés binaires, démontre
» l'invariabilité des rapports en poids des éléments qui
» les constituent. J'ai prouvé également, et pour autant
» que cette preuve avait encore besoin d'être faite, la
» constance de composition de l'un de ces composés
» binaires. Il découle nécessairement de la combinaison
» de ces deux ordres de faits, que *les corps s'unissent*
» *dans des rapports absolument fixes et invariables, que*
» *ces rapports sont de véritables constantes*, et que les lois
» des proportions chimiques qui ont servi de base expé-
» rimentale à l'hypothèse atomique sont des lois mathé-
» matiques, comme les chimistes l'ont admis depuis
» bientôt un demi-siècle. La conséquence légitime qu'il
» m'est permis d'en déduire est donc que les composés
» produits, dans les conditions normales de leur forma-
» tion, doivent nécessairement renfermer leurs éléments
» simples dans les proportions rigoureuses de leurs
» constantes.

» Enfin, venant aux motifs qui ont déterminé ces
» recherches si laborieuses et si délicates, je me crois
» autorisé à dire : Le doute soulevé par M. de Marignac au
» sujet de la synthèse du sulfure et de l'azotate d'argent
» n'est point fondé en principe, et les objections que le
» célèbre chimiste genévois en a déduites ne sont pas
» plus fondées que le doute lui-même (1). »

---

(1) Mémoire cité, p. 108.

Ce travail fut partout accueilli avec une faveur marquée. M. de Marignac, si directement intéressé dans la question, ne lui ménagea pas ses éloges :

« Je ne regrette point, dit-il, d'avoir soulevé ces » objections si elles ont contribué pour quelque chose à » la production de la nouvelle série de recherches que » vient de publier M. Stas. C'est un magnifique travail » qui restera comme un modèle d'admirable patience, » de persévérance à surmonter toutes les difficultés, et » de méthodes ingénieuses pour porter au plus haut » degré la précision dans les expériences d'analyse et de » synthèse (1). »

A cet hommage de la première heure, le temps vint en ajouter de nombreux, non moins significatifs dans leur expression, émanés de France, d'Allemagne, d'Angleterre, etc.

En constituant l'unanimité, la multiplicité de ces témoignages de l'universelle estime ajoutait à la parole élogieuse du célèbre chimiste de Genève, plus que la puissance du nombre, celle de la science dans ses représentants les plus autorisés.

C'est toujours compromettre les hommes et leurs œuvres que de les élever dans les grandeurs factices de l'exagération. Je ne voudrais pas l'oublier en ce moment. Je ne crains pas toutefois de l'affirmer, la publication de ce mémorable travail de Stas marque dans l'histoire de la chimie contemporaine une époque. La grande cause de la fixité et de la constance des proportions chimiques, si longtemps débattue, si longuement, si scrupuleusement

---

(1) *Archives*, etc., t. XXIV, p. 373 (1865).

étudiée, était enfin terminée. Le jugement prononcé fut accepté par tous comme l'expression de la vérité.

## IV.

On définit parfois la chimie « la science des métamorphoses de la matière », et l'on a raison. Mais au milieu des modifications si profondes et si variées que les corps subissent dans les actions chimiques, il est une de leurs propriétés qui demeure intangible : c'est leur masse représentée par leur poids. Et c'est ainsi que, grâce aux formules si ingénieusement imaginées par Berzélius, les phénomènes chimiques peuvent être représentés graphiquement, dans leur passé et leur résultat présent, par de véritables équations. *Rien ne se crée et rien ne se détruit,* selon la formule célèbre de Lavoisier. C'est le principe classique de la *conservation de la matière,* précurseur du principe tout moderne de la *conservation de la force.*

Cette synthèse, pleine de grandeur assurément, puisqu'elle fixe les limites de la puissance humaine sur les corps et résume toute la conception matérielle de l'univers, n'a été longtemps qu'un éclair de génie, jailli dans la pensée du fondateur principal de la chimie moderne. Quoique transmise depuis un siècle dans la science, elle n'en conservait pas moins le caractère d'une vérité d'instinct. Lavoisier lui-même eût été impuissant à en fournir la démonstration objective, et dans les annales de la chimie analytique, si riches cependant, il eût été impossible de trouver des faits précis susceptibles d'en établir l'existence sur une base expérimentale d'une incontestable certitude.

Je présume que cet état de choses était présent à la pensée de Stas alors qu'il écrivait ces lignes mélancoliques, en apparence si pleines d'humilité :

« Je ne me dissimule pas que, parmi les notions fon-
» damentales de la chimie, il en existe une foule, comme
» dans toutes les autres sciences, que l'on a admises
» comme étant démontrées et qui sont loin de l'être (1). »

Je sais tout ce que cet aveu sévère peut provoquer de réserves dans son application. Ce n'est pas le moment de m'y arrêter, mais en ce qui concerne la *loi de Lavoisier*, je prétends que, dans son rigorisme, Stas n'a pas dépassé la juste mesure du vrai. Je revendique encore pour lui le mérite d'en avoir fait une vérité de l'ordre expérimental, en la démontrant, d'une manière rigoureuse, dans un de ses cas particuliers, la *loi des poids*, par ses synthèses précises des sels haloïdes de l'argent à l'aide de leurs constituants (2).

---

(1) Mémoire cité, p. 7.

(2) Je suis naturellement amené à dire ici un mot d'un épisode de l'*histoire officielle* des sciences physiques en Belgique pendant la seconde moitié de notre siècle.

En 1869, le jury chargé de décerner le prix quinquennal des sciences physiques et mathématiques pour la quatrième période, 1864-1868, s'est occupé du second des mémoires de Stas, intitulé : *Nouvelles recherches sur la loi des proportions chimiques, sur les poids atomiques et leurs rapports mutuels.*

Voici comment s'exprime le rapporteur, M. Catalan, au sujet de ce travail :

« Malgré l'admiration qu'inspirent à tous les membres du jury
» d'aussi beaux travaux, où l'auteur s'est souvent *heurté à des diffi-*
» *cultés presque insurmontables*, enfin, malgré l'importance que peu-
» vent avoir pour la philosophie naturelle, les lois démontrées par
» M. Stas, la majorité du jury regarde les *Nouvelles recherches*
» COMME NE FAISANT GUÈRE QUE CONFIRMER LES RÉSULTATS EXPOSÉS

## V.

On le voit, la démonstration réelle des lois fondamentales des actions chimiques quant aux poids, a été bien tardive. Et cependant, durant ce demi-siècle de patiente attente, la chimie, continuant d'un pas assuré sa marche

---

» DANS L'ANCIEN MÉMOIRE DU CÉLÈBRE CHIMISTE, mémoire qui lui a » si justement valu le prix en 1864 (1). »

Par *quatre* voix contre *trois*, le prix fut décerné à Joseph Plateau pour ses *Recherches sur les figures d'équilibre d'une masse liquide sans pesanteur* (3e à 11e série).

Je ne dois pas dire que je n'ai, à aucun degré, l'intention de critiquer l'attribution d'un prix quinquennal des sciences physiques et mathématiques aux travaux mémorables du célèbre physicien de Gand. Mais je ne puis pas ne pas déclarer qu'à mon sens la majorité du jury de 1866, dont je respecte d'ailleurs la loyauté parfaite, s'est trompée dans l'appréciation qu'elle a faite du second des mémoires de Stas. Celui-ci avait une portée doctrinale essentiellement différente de celle du premier. Il est regrettable que cette différence n'ait pas été reconnue par le jury tout entier, car il est regrettable qu'une œuvre de l'importance de celle de Stas, qui avait coûté tant de sacrifices de toute sorte, n'ait valu à son auteur aucune récompense officielle, sinon le témoignage d'une admiration stérile.

A mon sens, le jury de 1869 n'a pas été heureusement inspiré en attribuant le prix exclusivement à l'un de ces deux savants, d'une concurrence réciproque si redoutable. C'était bien le cas de faire ce qui fut fait en 1886, pour le prix des *Sciences historiques*, lequel fut décerné, dans sa totalité, simultanément à MM Gevaert et P. Willems.

Une semblable décision, attestant l'importance du mouvement et de la production scientifiques dans notre pays, aurait certainement été ratifiée par l'assentiment unanime de tous ceux qui, ici et au dehors, s'intéressent aux sciences physiques, et en 1869 comme en 1886, la Belgique était assez riche pour payer sa gloire scientifique.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t. XXVIII, p. 648 (année 1869).

en avant, n'a cessé d'étendre ses domaines et d'affermir ses conquêtes.

Il y a là pour le philosophe un phénomène historique bien digne de fixer l'attention. A celui qui s'en étonnerait, je répondrais que la vérité est souvent plus facile à trouver qu'à prouver. L'esprit, dont elle est l'aliment, la pressent et l'attire, comme l'aimant attire le fer. Il en est ainsi dans l'ordre moral ; il en est de même dans l'ordre scientifique, dans le domaine des sciences physiques. La démonstration adéquate d'une loi naturelle suppose et nécessite une science plus mûre, plus perfectionnée que celle du moment de sa découverte. L'histoire d'autres sciences encore que la chimie fournirait au besoin de curieux exemples de ce fait, qu'au premier abord on pourrait regarder comme paradoxal.

## VI.

Puisque les réactions chimiques sont régies si strictement quant aux poids des corps qui en sont les agents, il s'ensuit que, parmi les constantes physiques des éléments, la première en importance est le *poids atomique*.

D'ailleurs, comme l'observe judicieusement Lothar Meyer, « ce n'est que lorsque les poids atomiques de tous » les éléments, ou de la plupart d'entre eux, auront été » déterminés avec précision et certitude, qu'il sera pos- » sible de donner des bases sûres aux lois suivant les- » quelles les atomes des différents corps se rattachent » les uns aux autres, d'en rechercher les causes et de » soumettre ainsi leur nature à une investigation plus » profonde (1) ».

---

(1) LOTHAR MEYER, *Les théories modernes de la chimie*, etc., p. 137.

J'aime à constater, à l'honneur de notre confrère, que ce sont des considérations de cet ordre élevé qui l'ont engagé, à l'origine, à entreprendre ses grands travaux sur les poids atomiques. « Mes expériences, dit-il, ont eu » pour but principal la détermination des *rapports* des » poids atomiques et non pas les poids atomiques eux- » mêmes (1). » Son but final était de vérifier l'exactitude de *l'idée de Prout* dont il déclare « la portée immense au » point de vue de la philosophie naturelle (2) » et d'en établir la vérité scientifique. « Depuis bien des années, » ajoute-t-il, j'ai consacré tous mes loisirs à élucider ce » problème. Je le dis hautement, lorsque j'ai entrepris » mes recherches, *j'avais une confiance presque absolue* » *dans l'exactitude du principe de Prout* (3). » On sait dans quel état lamentable cette hypothèse, d'une si retentissante célébrité, est sortie de ses recherches.

A tous les points de vue donc, tout autant à celui des hautes spéculations ontologiques qu'à celui de la pratique journalière des opérations chimiques, il est de toute nécessité de connaître les poids atomiques *exactement*.

Il serait superflu de rappeler les difficultés de tout genre au milieu desquelles s'élaborent les recherches qui ont pour but cette évaluation numérique. La détermination des poids atomiques se présente toujours comme l'un des problèmes les plus ardus parmi ceux que doit résoudre la chimie expérimentale.

Parlant de l'œuvre de Berzélius, son illustre prédéces-

---

(1) Mémoire cité de 1865, p. 6.
(2) Mémoire cité de 1860, *Bulletin*, 2e sér., t. X, p. 209.
(3) *Ibid*, p. 211.

seur, Stas avait dit que « ses travaux resteront comme » des monuments impérissables de sa sagacité et de son » génie. »

« Le contrôle minutieux et réitéré, ajoutait-il, auquel » j'ai eu la hardiesse, pour ne pas dire la témérité, de » les soumettre, m'a convaincu que son habileté analy- » tique n'a jamais été surpassée, si tant est que jamais » elle ait été égalée par qui que ce soit (1). »

Le même hommage fut rendu à son œuvre. Selon M. de Marignac, « Stas a atteint dans ses expériences la » limite la plus élevée que l'on puisse espérer de l'exac- » titude possible dans des recherches de cette nature (2) ».

C'est dans des termes analogues, non moins catégoriques dans leur affirmation, que s'expriment tour à tour Bunsen, Liebig, Wurtz, Lothar Meyer, Schutzenberger, Ostwald, van der Plaats, etc., au sujet des travaux de notre confrère. Si les formules de leurs appréciations étaient moins monotones dans leur admirative uniformité, je pourrais ne pas me priver du plaisir de les citer ici.

En 1885, une des plus puissantes corporations scientifiques, la Société royale de Londres, lui décerna la médaille de Davy, récompense si hautement appréciée dans le monde savant.

Il faut donc attacher la plus haute valeur aux travaux de Stas, en ce qui concerne la détermination des poids atomiques (3). Pour ma part, je les estime et les admire,

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e sér., t X, p. 208 (1860).

(2) *Archives*, etc., t. XXIV, p. 371 (1865).

(3) Aucune œuvre humaine, semble-t-il, n'est à l'abri de la contradiction; elle s'attache à toutes, comme la rouille au fer exposé aux intempéries de l'air. C'est pourquoi je ne voudrais pas ne pas dire

**à ce point de vue, autant que qui que ce soit, et d'autant plus que je me suis efforcé d'en acquérir une connaissance approfondie. Mais après avoir rendu cet hommage**

---

que les observations et les critiques n'ont pas manqué aux travaux de Stas. Elles ont été lentes à se produire ; c'est dans les écrits de quelques rares chimistes du nouveau-monde qu'on les rencontre, mais pour être tardives et rares, elles n'en ont été que plus vives.

Selon l'un d'entre eux, « les célèbres expériences de Stas ren-
» ferment des *erreurs systématiques*, en raison desquelles elles ne
» peuvent être retenues dans la chimie ; ... tous les poids atomiques
» de Stas sont inexacts et toutes les conclusions scientifiques basées
» sur la précision fictive de ces données doivent disparaître [1] ».

Voilà certes de bien dures et bien graves paroles. M. G. Hinrichs — c'est l'auteur dont je viens de rapporter les appréciations — est un chimiste mathématicien opiniâtrement attaché, semble-t-il, à l'hypothèse originelle de Prout. Selon M. Spring, M. Hinrichs « a uni-
» quement traduit graphiquement, à une échelle disproportionnée,
» certains résultats de Stas et, prolongeant la courbe obtenue au delà
» des limites permises par la raison, il en a conclu que, si Stas avait
» opéré sur des prises d'essais d'argent et de plomb convenablement
» choisies, il aurait trouvé la loi de Prout confirmée ». (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVI, p. 464, 1893.)

Les critiques et les conclusions de M. Hinrichs ne s'appuient pas sur des déterminations expérimentales nouvelles, personnelles, en désaccord avec celles de Stas. Ce sont les résultats d'interprétations mathématiques des données analytiques et des expériences de notre confrère, expériences dont l'exactitude matérielle n'est d'ailleurs pas contestée.

« Je crois avoir démontré, dit M. Hinrichs, que les meilleures
» analyses, comme celles de Stas, ne permettent point d'appliquer la
» *méthode des moyennes*, dont on fait généralement usage.

» Il faut trouver une méthode nouvelle applicable à la détermina-
» tion des poids atomiques qui sont les constantes fondamentales de
» la chimie [2]. »

L'auteur appelle cette méthode nouvelle la *méthode limite*. « Pour

[1] *Comptes rendus*, etc., t. CXV, p. 1074 (1892); t. CXVI, pp. 431, 695, 753 (1893).

[2] *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 433

légitime à l'œuvre de notre illustre compatriote, je déclare qu'à mon sens, elle tire tout autant — je serais tenté de dire surtout — son inestimable importance des

---

» obtenir le poids atomique véritable, dit-il, il faut faire une série de » déterminations expérimentales avec des quantités de matières » graduellement croissantes, depuis des valeurs très petites jusqu'à » un maximum aisément maniable avec précision. Le poids atomique » véritable sera non pas la *moyenne* de toutes les déterminations, » mais la VALEUR LIMITE CORRESPONDANT A DES POIDS DE MATIÈRE » TENDANT VERS ZÉRO [1]. »

On sait que Stas a opéré dans des conditions précisément inverses de celles-là, et sur des quantités de matière relativement considérables. Voici comment il s'exprimait en 1860 à ce sujet :

« Avant de faire connaître succinctement mes recherches, je dois » m'expliquer sur la quantité extraordinairement élevée de matières » que j'ai mise en expérience. Ces quantités effraieront bien des » chimistes; cependant ce n'est pas à la légère que je me décide à » rompre avec leurs habitudes. . . . . .

» . . . . . .

» L'expérience démontre que *le seul moyen de constater avec certitude et de mesurer exactement de petites différences, consiste à augmenter les quantités qui les produisent, afin de rendre ces différences* » beaucoup supérieures *aux erreurs que comportent les observations* » *dont on doit les déduire.*

» . . . . . .

» Le seul inconvénient réel résultant de l'emploi de grandes quantités de matière est la durée de l'expérience qui, dans certains cas, » croît presque comme les quantités. En revanche, si l'on parvient à » mener l'expérience à bonne fin, le résultat entraîne avec lui la » conviction, parce qu'il n'est susceptible que d'une interprétation [2]. »

Je n'ai pas l'intention de me livrer à une discussion approfondie des vues du chimiste américain; ce n'en est ni le lieu ni le moment. Je me bornerai à rappeler l'appréciation qu'en a faite un chimiste hollandais, très autorisé par la nature de ses travaux personnels à

(1) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 753 (1893).

(2) *Recherches sur les rapports réciproques des poids atomiques.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 2e sér., t. X, pp. 213-214, 1860.)

démonstrations qu'elle renferme des lois générales de combinaison des éléments chimiques.

---

donner son avis dans ce débat. Après avoir constaté diverses erreurs et inexactitudes dans la manière de procéder de M. Hinrichs, en ce qui touche l'interprétation des résultats des expériences, tant de Marignac que de Stas, M. van der Plaats s'exprime comme suit :

« Mais alors, il est impossible d'arriver aux conclusions de M. Hin-
» richs.

» Aucun des poids atomiques de Stas ne repose sur un seul rap-
» port. Celui de l'argent est déterminé par cinq voies absolument
» indépendantes avec une concordance remarquable. . . . . .

» M. Hinrichs s'est trompé en affirmant que tous les poids ato-
» miques reposent, par un enchaînement continu, sur l'analyse du
» chlorate de potasse. »

« La *méthode limite* de l'auteur américain, poursuit-il, est fondée
» *sur deux assertions également inexactes :* 1° les déterminations
» méritent d'autant plus de confiance que les poids de substances
» analysées sont moindres; 2° la loi de Prout doit être imposée sans
» réserve et les expériences qui ne sont pas d'accord avec elle, ren-
» ferment des erreurs exactement égales à leurs écarts de cette
» loi (1). »

On lira avec autant d'intérêt que de profit les observations judicieuses de M. Spring au sujet des appréciations de M. Hinrichs (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXV, p. 85, 1893). Ayant eu l'occasion de revenir plus tard sur cet objet, M. Spring déclare que M. van der Plaats « a montré d'une manière irréprochable que les
» considérations de M. Hinrichs sont sans aucune valeur scientifique
» pratique ». (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVI, p. 464, 1893.)

On ne s'étonnera donc pas du peu d'écho que les observations et les critiques du chimiste américain ont trouvé dans notre vieille Europe.

Je terminerai en disant, avec M. van der Plaats « *que la chimie de*
» *précision est une science de laboratoire et qu'elle n'a rien à faire avec*
» *l'art de grouper les chiffres* » Et m'appuyant sur ce considérant d'une indiscutable vérité, je crois pouvoir assurer à l'œuvre de Stas le bénéfice d'un repos complet dans l'universelle et la plus haute estime du monde savant.

(1) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 1362 (1893).

Les intérêts de la science en marche ne paraissent guère liés, en effet, à des différences fractionnaires d'ordre si minime qu'il est impossible d'en tenir compte dans le calcul des analyses courantes.

Nos mesures d'ailleurs ne sont au fond que des approximations. Quelque précises qu'elles paraissent, elles restent toujours en dehors de l'exactitude absolue. Si cette affirmation contrarie les prétentions de l'amour-propre, elle satisfait aux exigences d'une conscience sincère. Dans le domaine de l'expérience, l'exactitude absolue n'est pas à la portée de la main de l'homme. Vouloir y atteindre, c'est un rêve et une utopie. Aussi, si j'admire la précision des méthodes analytiques, la sagacité et la pénétration d'esprit qu'elles révèlent, l'habileté expérimentale des chimistes qui les instituent, la patience persévérante de ceux qui les mettent en œuvre, je ne puis attribuer qu'une valeur purement métaphysique aux faibles modifications dans les données numériques auxquelles aboutissent ces longs et puissants efforts.

## VII.

En établissant la certitude mathématique des lois qui régissent les proportions chimiques sur des expériences précises et rigoureuses, Stas a fait vraiment de la *chimie fondamentale*.

A quelque hauteur d'importance qu'on élève la *loi des proportions définies* au point de vue doctrinal, on est certain de ne pas dépasser la vérité. C'est qu'en effet cette loi est l'assise fondamentale de l'hypothèse atomique, et quoi que l'on en dise dans certaines écoles, il n'est pas possible de se séparer de cette théorie sans

sortir du domaine de la chimie expérimentale, tel qu'en a été constitué le grandiose édifice dans le cours de notre siècle.

La loi des proportions définies, dans son sens restreint, combinée avec le fait de la désagrégation intime des masses matérielles au moment de la réaction, autorise à admettre une limite à la divisibilité des corps dans les actions chimiques, du moins à admettre que les choses se passent comme si cette limite était pour nous dans la réalité du fait. Or cette limite à la divisibilité pourrait, à la rigueur, être spéciale à chaque action chimique, diverse pour les diverses actions chimiques dans lesquelles un même corps peut être engagé. La loi des proportions définies dans son sens étendu, c'est-à-dire la *loi de Stas*, repousse cette supposition ; elle oblige à admettre que la limite de divisibilité est constante, mathématiquement la même pour un corps déterminé, dans toutes les actions chimiques où il intervient, c'est-à-dire, en dernière analyse, et pour rentrer dans le langage ordinaire, que les poids des atomes sont fixes et constants. A ce titre, le nom de Stas se rattache de la manière la plus intime à ce qu'il y a de plus élevé dans les doctrines de la chimie moderne.

Les lois des poids précisées et étendues, établies dans la certitude d'expériences rigoureuses et précises, voilà des résultats incontestés de la grande œuvre de notre compatriote.

Ce sont certes des titres importants au souvenir de la postérité. On voudra bien admettre sans doute, je me permets de le dire une fois encore, qu'il est juste de donner au nom de Stas une place dans l'histoire de la législation pondérale, à côté des noms de ses précurseurs,

Wenzel, Richter et Fischer, parmi ceux de ses fondateurs, dans cette pléiade glorieuse où se rencontrent à la suite Lavoisier, Prout, Dalton, Berzélius.

On se tromperait si l'on me croyait guidé dans cette circonstance par des considérations d'amour-propre national. Je ne m'y sens pas autorisé. « La science, selon » la grande parole de Davy, appartient au monde entier, » elle n'est le privilège ni d'un pays ni d'une époque (1). » Mais quand la vérité et la justice s'accordent, comme ici, avec le patriotisme, il est bien permis de se laisser aller au plaisir de satisfaire aux impulsions légitimes de ce noble sentiment.

## VIII.

Puisque je me suis engagé vis-à-vis de notre confrère à ne pas le « former aultre qu'il n'estoit », il doit m'être permis de le « former tel qu'il estoit », et d'exprimer toute ma pensée quant à son œuvre et sa personne scientifiques.

J'ai dit que par ses travaux sur les proportions chimiques, Stas a fait de la *chimie fondamentale*, mais je ne dirai pas qu'ainsi il a fait de la chimie *progressive*, du moins directement et immédiatement progressive, car au fond toute vérité certaine aide au progrès en le préparant. Comme l'a dit son savant biographe, « il était » doué d'un esprit critique plutôt que d'un esprit créa- » teur (2) ».

Les moyens par lesquels la science s'affermit sur le

---

(1) *Discours prononcé à la Société royale de Londres, lors de la remise de la médaille Copley à Arago* (année 1829).

(2) Voir la *Notice sur la vie et les travaux de Stas*, par M. Spring, ANNUAIRE DE L'ACADÉMIE pour 1893, p. 218.

roc de la certitude, sont autres, tout autres que ceux à l'aide desquels elle s'avance dans les régions de l'inconnu. C'est appuyée sur des doctrines nouvelles, sur des théories nouvelles, qu'elle poursuit, dans la joie de ses triomphes passés, sa marche en avant. Au moment même où les recherches classiques de Stas voyaient le jour, un jeune chimiste, qui devint rapidement un grand maître et que l'Académie eut aussi l'honneur de compter parmi ses membres, lançait dans le monde sa théorie célèbre de l'hexagone benzénique et des composés aromatiques. On sait combien cette conception géniale de Kékulé fut féconde et quel prodigieux essor elle imprima à cette partie de la chimie organique. Or cette théorie était une création de l'imagination de son ingénieux auteur, appuyée sur l'observation et l'expérience.

L'imagination est une faculté puissante pour le progrès, alors qu'elle est guidée par la raison. Comme l'a dit si justement un de mes anciens collègues, M. Docq, qui était un esprit distingué, « c'est l'imagination qui, à la lueur des phénomènes, reçoit l'intuition de leurs causes, comme celle de leurs lois (1) ». Et j'ajouterai avec un savant français, penseur aussi profond qu'habile expérimentateur, « qu'elle n'est pas aussi contraire qu'on le » croit au véritable esprit scientifique. Pourvu que celui-» ci commande, elle lui fait gagner en pénétration plus » qu'elle ne lui enlève en rigueur, et si c'est souvent un » instrument trompeur, on peut dire qu'il vaut mieux » apprendre à s'en servir que d'en être privé (2) ».

---

(1) *Examen des théories relatives à la nature des agents physiques*, p. 13. — Mémoire couronné extrait du t. XII des *Nouveaux mémoires de la Société batave de philosophie expérimentale de Rotterdam* (1865).

(2) Georges Salet, article « Affinité » dans le *Dictionnaire de Wurtz*, t. I, p. 73.

Il semble que Stas ne pensait pas ainsi. Il fut avant tout le serviteur de l'expérience; il en fut le serviteur fidèle, mais le serviteur exclusif. S'il m'était permis de me servir, à propos de la chimie, de la langue des arts de la forme, je dirais qu'il fut un *réaliste*. L'imagination ne lui inspira jamais que de la défiance, et comme l'a dit ici même, en sa présence, un de nos confrères, cette défiance, par crainte des fictions téméraires, il la poussait jusqu'à l'injustice (1). Loin de profiter des ressources qu'elle réserve aux esprits sages, il semble que sa préoccupation constante fût d'en comprimer chez lui les élans. La science doit certainement le regretter.

Cette disposition au scepticisme à l'égard de tout ce qui n'est pas purement le fait, était native chez notre confrère, mais le temps, sans doute à la suite des déceptions qu'il amène inévitablement, l'avait renforcée au point de la transformer en une sorte d'instinct et d'en faire le fonds même de son tempérament scientifique (2).

---

(1) *Célébration du cinquantenaire*, etc. de Stas, BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e sér., t. XXI, 1891. Discours de M. Tiberghien, p. 733.

(2) On s'explique aisément l'intensité de cette disposition intellectuelle chez Stas, si l'on se rappelle qu'il eut pour premier maître en chimie J.-B. Van Mons (1). Les impressions de la première jeunesse ne s'effacent jamais de l'âme humaine.

Van Mons fut professeur de chimie et d'agronomie à l'Université *hollandaise* de Louvain dès 1817, date de la fondation de cet établissement. C'était un homme remarquable à certains égards. Il rendit à la science de son temps des services réels, moins par ses œuvres personnelles qu'en faisant connaître celles de ses contemporains. Je ne parle évidemment ici que du chimiste. Son savoir était étendu et son initiative puissante. Son intelligence était vive, mais son imagination l'était encore davantage; malheureusement elle était sans

(1) Voir au sujet de Van Mons les notices suivantes :

*a*) QUETELET, *Annuaire de l'Académie royale de Bruxelles* pour 1843, p. 177.

*b*) STAS, *Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique*, t. II, p. 851, année 1843.

A notre époque, où la nécessité oblige à donner au principe de la division du travail une application plus étendue que jamais dans tous les domaines de l'activité et des connaissances humaines, ce type de savant est moins rare dans les rangs élevés du monde de la science qu'on ne pourrait le croire. Au moment où j'écrivais ces pages, un nom, grand entre tous parmi les expérimentateurs, se présentait et s'imposait à ma pensée avec toute la force de l'évidence. N'est-ce pas que l'on retrouve dans Regnault tous ces traits qui caractérisent si fortement la physionomie scientifique de Stas, et ces deux hommes, tous les deux de grands artistes dans les travaux de haute précision, ne semblent-ils pas être des frères jumeaux dans la science?

Leurs œuvres se développent dans un parallélisme parfait; l'objet principal en est le même : le contrôle et la vérification sévère de certaines des lois fondamentales qui régissent la manière d'être et la manière d'agir de la matière. Si les résultats généraux en sont différents au fond, la raison en est tout entière dans la différence des propriétés que ces lois concernent. La chaleur spécifique des corps, le volume des gaz, leur dilatabilité sont des propriétés essentiellement contingentes : aussi, les lois classiques de Mariotte, de Dulong et Petit, de Gay-Lussac ne sortent-elles des mains de Regnault que meurtries

---

règle et sans frein. De là une fécondité débordante, mais stérile, au point de vue objectif. Van Mons en écoulait les produits faciles non seulement dans son enseignement oral, mais encore dans ses écrits. L'œuvre étrange qu'il publia sous le titre : *La chimie des éthers*, en est le dernier et douloureux témoignage.

En observant son professeur, Stas dont l'esprit était sagace put constater dans le vif à quels écarts peut s'abandonner, dans quels travers peut tomber un homme, bien doué d'ailleurs, mais en proie à une imagination désordonnée, chevauchant, loin des faits, dans le domaine de la supposition et de la fantaisie.

pour ainsi dire, dépouillées de tout caractère de vérités absolues, et applicables seulement à un état idéal des corps qu'elles régissent : ce sont des lois *limites*. Le poids d'une masse matérielle, au contraire, est un fait d'ordre absolu, et c'est pourquoi les lois qui en établissent les rapports dans les actions chimiques, s'élèvent, à la suite des constatations de Stas, à la hauteur de lois d'une absolue vérité, indépendantes de tout facteur étranger : ce sont des lois *mathématiques*.

Mais pour aboutir à des points si éloignés en apparence dans le champ de la science, on voit ces grands expérimentateurs s'avancer dans les mêmes voies, guidés par les mêmes idées inspiratrices, suivre des méthodes identiques dans les interrogations approfondies qu'ils posent à la nature, et ne reconnaître enfin qu'un maître, un seul, l'expérience, acceptant dans toute leur inflexible rigueur ses réponses et ses arrêts.

Stas fut bien l'homme que nous fait deviner le genre de ses travaux. L'habileté expérimentale, l'exactitude scrupuleuse, l'ordre, la constance et la ténacité dans le travail, la justesse et la profondeur du sens critique, la réserve consciencieuse dans les déductions, c'étaient toutes qualités nécessaires à la réalisation d'une œuvre comme la sienne. Associées à celles qui constituent l'apanage ordinaire des intelligences d'élite, elles se réunissaient dans sa personne en un harmonieux ensemble qui le rendait éminemment propre aux travaux de haute précision. Les tendances de son esprit l'y portaient avec un irrésistible attrait. Là était vraiment sa vocation scientifique ; l'ayant reconnue, il mit à l'accomplir, avec une vaillance indéfectible, toutes les puissances de son âme.

Je sais bien que tout cela n'est pas l'imagination qui crée dans l'idéal ni le génie dont les éclairs illuminent.

Mais ne peut-on pas se demander si, à certains égards, ce n'est pas plus encore? Car c'est de ce fonds précieux que s'élève la science solide et durable, à l'abri des atteintes du temps et des hommes, stable comme la vérité dont elle est l'expression.

Devant cette grande figure d'expérimentateur et de législateur scientifique, dont la longue vie fut, tout entière et dans un parfait désintéressement, consacrée à des labeurs si féconds pour la science, je m'incline, en ma qualité de chimiste, saisi d'une respectueuse admiration.

J'en offre le respectueux hommage à la mémoire de ce confrère illustre.

Il en est des hommes comme des montagnes : on ne les voit dans leur vraie grandeur que de loin. Van Helmont représente non sans gloire la Belgique dans la chimie d'autrefois. Stas, avec son œuvre magistrale, la représentera, avec plus d'éclat, avec plus de grandeur vraie, dans l'histoire de la chimie du XIXe siècle.

J'ai cru qu'il n'était pas inutile de le constater une fois encore, et je m'honore d'avoir pu le faire devant cette haute assemblée.

---

— M. le Secrétaire perpétuel proclame de la manière suivante les résultats des concours et des élections.

## CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1898.

### SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Trois mémoires portant respectivement les devises suivantes :

Le premier : *Geometry is hard* (J.-H.-S. Smith) ;
Le deuxième : Ἀριθμοὶ νέμουσι τόπον
Le troisième : *Itinera ad verum*,

ont été soumis en réponse à la question suivante du programme pour 1898 dont le délai pour la remise des manuscrits était fixé au 1er août de cette même année :

*Apporter une contribution importante à l'étude des correspondances* (Verwandtschaften) *que l'on peut établir entre deux espaces.*

D'après l'usage, le résultat de ce concours aurait dû être proclamé dans la séance publique du 16 décembre 1898, mais les commissaires ayant fait valoir qu'il leur était impossible, vu l'importance de chacune des solutions présentées, de soumettre leurs conclusions pour cette date, la Classe a reporté à l'année actuelle la proclamation du jugement sur cette question.

Elle a ratifié les conclusions des rapports de ses commissaires et décerné le prix proposé de *six cents francs* à M. Léon Autonne, ingénieur, maître de conférences à l'Université de Lyon, auteur du mémoire intitulé :

*Sur les formes quaternaires à deux séries de variables ; applications à la géométrie et au calcul intégral,*

et portant la devise : Ἀριθμοὶ νέμουσι τόπον.

Ce travail paraîtra dans les Mémoires de l'Académie.

Une mention très honorable a été votée au mémoire portant pour titre : « Recherches sur les connexes de l'espace », et pour devise : *Geometry is hard.*

L'auteur est prié de faire connaître s'il accepte cette distinction.

---

## CONCOURS DE LA CLASSE POUR 1899.

—

### SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Un mémoire portant comme devise :

*Scientia nobis hæc otia fecit,*

a été soumis en réponse à la question :

*On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides et des dissolutions.*

La Classe, se ralliant aux conclusions des rapports de ses commissaires, a décidé de remettre la question au concours.

### SCIENCES NATURELLES.

Un mémoire portant la devise : *Belga*, a été soumis en réponse à la question :

*On demande des recherches anatomiques et systématiques sur les Insectes du groupe des* APTERYGOTA (THYSANURA *et* COLLEMBOLA).

La Classe, se ralliant aux conclusions des rapports de ses commissaires, a décerné le prix proposé de *six cents francs* à l'auteur, M. Victor Willem, chef des travaux pratiques de zoologie à l'Université de Gand.

—

### PRIX CHARLES LEMAIRE.

Quatrième période (1898-1899).

M^lle^ Adelaïde Lemaire, en vue d'honorer la mémoire de son frère Charles, ancien ingénieur des Ponts et Chaussées, a donné, par testament, à l'Académie, une

somme de *vingt-cinq mille francs* pour que les revenus en soient affectés à la formation d'un prix à décerner tous les deux ans, sous le nom de *Prix Charles Lemaire*, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur des questions relatives aux travaux publics.

La Classe des sciences, conjointement avec le gracieux concours de M. l'inspecteur général Debeil et de MM. les ingénieurs en chef-directeurs Lagasse-de Locht et Bovie, de l'Administration des Ponts et Chaussées, a décerné le prix pour la quatrième période à M. F. Keelhoff, ingénieur des Ponts et Chaussées, détaché à l'Université de Gand, pour ses *Notes sur le travail des forces élastiques*.

—

### Prix Jean-Servais Stas.

Le Comité pour la publication des œuvres de Jean-Servais Stas, ancien membre de l'Académie, ayant demandé à la Classe des sciences d'en offrir chaque année, en séance publique, un exemplaire aux docteurs en sciences chimiques qui obtiendraient leur diplôme légal avec la plus grande distinction, la Classe a l'honneur d'offrir ces trois volumes à M. Arthur Van de Casteele, de Chênée, élève de l'Université de Liége.

—

## PRIX DU GOUVERNEMENT

—

### Prix décennal des sciences botaniques

Par arrêté royal du 4 juillet 1899, le prix de *cinq mille francs* attribué au concours décennal des sciences botaniques pour la période transitoire de 1892-1898, a été

décerné, sur la proposition du jury chargé de juger cette période, à l'œuvre de M. Alfred Cogniaux, professeur à l'École normale de l'État, à Verviers.

### Prix décennal de chimie et de physique expérimentales

Par arrêté royal du 27 novembre 1899, le prix de *cinq mille francs* attribué au concours décennal de chimie et de physique expérimentales pour la période transitoire de 1894-1898, a été décerné, sur la proposition du jury chargé de juger cette période, à l'œuvre de M. Louis Henry, professeur à l'Université de Louvain, membre de l'Académie royale de Belgique.

—

### ÉLECTIONS.

Depuis ses dernières élections, la Classe avait à remplacer un membre titulaire, M. Gottlieb Gluge, et cinq associés : MM. Richard Bunsen, de l'Université de Heidelberg; Charles Friedel, de l'Institut de France, à Paris ; sir William Flower, de la Société royale de Londres; Sophus Lie, de l'Université de Leipzig, et O.-C. Marsh, directeur du « Geological Survey », à New-Haven (États-Unis).

Elle avait également à pourvoir à l'élection de deux correspondants.

Ont été élus :

Dans la Section des sciences mathématiques et physiques :

*Associés :* Sir Georges Gabriel Stokes, Bart., professeur à l'Université de Cambridge (Angleterre), et

MM. Henri Moissan et Marie-Ennemond-Camille Jordan, membres de l'Académie des sciences de l'Institut de France, à Paris.

Dans la Section des sciences naturelles :

*Membre titulaire*, sauf approbation royale : M. Constant Vanlair, correspondant.

*Correspondants :* MM. P. Pelseneer, professeur à l'École normale de Gand, et A. Gravis, professeur à l'Université de Liége.

*Associés :* MM. John Murray, membre de la Société royale de Londres, et E. Maupas, conservateur de la Bibliothèque nationale, à Alger.

---

— La séance s'est terminée par l'allocution suivante de M. le Président de l'Académie aux membres de l'Expédition antarctique belge et la remise d'une médaille à chacun d'eux.

MESSIEURS,

Le pays vient de voir s'accomplir un événement qui marquera dans ses annales.

Il y a deux années, vous quittiez notre métropole pour aller travailler, dans l'autre hémisphère, à l'augmentation de notre patrimoine scientifique.

Il n'y a pas lieu de retracer, dans cette enceinte, le tableau des obstacles de toute nature que l'organisation de votre entreprise a rencontrés et que vous avez su écarter; encore moins est-il nécessaire d'évoquer celui des difficultés et des dangers dont vous avez dû triompher

pour accomplir votre tâche. Ces tableaux sont présents, aujourd'hui, à l'esprit de chaque Belge; car c'est le cœur plein d'émotion que nous en avons suivi les contours.

Il est un point auquel il convient de s'arrêter plutôt, afin de le signaler à l'attention de tous.

Votre Expédition a achevé d'effacer la légende dont des esprits chagrins s'étaient plu à envelopper notre caractère national.

Nous pouvons le proclamer avec fierté, à présent, l'initiative dans les recherches scientifiques et le dévouement dans les conquêtes désintéressées, doivent être reconnus aux Belges.

Depuis longtemps déjà, nos ingénieurs et nos officiers ont contribué à édifier le monde à cet égard : ils se sont distingués et illustrés en donnant à notre activité industrielle et nationale un champ d'exploitation incomparable. Mais ce n'était pas assez pour convaincre les esprits qui pensent qu'il y a au monde quelque chose qui vaut mieux encore que les richesses : le dévouement à la science. Les travaux de nos savants frappent peu le public à raison de leur caractère tout spécial. Pour faire définitivement la lumière, il fallait une action d'éclat montrant à tous, chez nous et au dehors de nous, que l'abnégation et l'esprit de sacrifice qui préparent les conquêtes de la science, se rencontrent aussi sur le sol belge.

L'enthousiasme que votre Expédition a rencontré dans le pays, et particulièrement dans cette ville de Bruxelles, si ouverte à toutes les choses de l'esprit; l'énergie, la persévérance et le mâle courage dont vous avez fait preuve en allant travailler, au mépris de la mort, pour la gloire de la patrie, témoignent assez des forces dont la nation peut disposer et montrent l'espoir qu'elle peut avoir dans l'avenir.

L'Académie royale de Belgique, convaincue que l'intérêt de la science compte au nombre des grands intérêts nationaux, a désiré vous remettre, en cette séance solennelle, où elle a coutume de couronner les vainqueurs des joutes de la science, un témoignage de son admiration. La médaille qu'elle vous prie de recevoir, vous rappellera que tous les cœurs qui ont battu en apprenant votre heureux retour, sont ceux pour lesquels le progrès national apparaît comme la somme des activités, des énergies et des vertus de tous.

Il me reste encore un devoir bien agréable à remplir : celui de rappeler particulièrement l'heureux concours que votre entreprise a trouvé chez un des ministres du Roi, qui vous a aidé à vaincre les premières et les plus impitoyables difficultés. M. Schollaert a eu confiance dans vos forces et il a pris sur lui de solliciter de la Législature un important crédit, grâce auquel votre expédition est parvenue à ses heureux résultats.

Au nom de l'Académie royale de Belgique, qui est la personnification la plus élevée de la science dans le pays, je remercie l'honorable M. Schollaert pour sa généreuse initiative et pour la haute marque de sollicitude dont il a bien voulu entourer l'œuvre nationale de M. le commandant de Gerlache.

Sont venus recevoir cette médaille, aux acclamations du public :

M. le colonel de Gerlache père, au nom de son fils, le commandant de l'Expédition, absent pour motifs de santé ;

M. G. Lecointe, commandant en second ;

MM. Henryk Arctowski, Émile C. Racovitza et Antoine Dobrowolski.

Les médailles destinées à M. le Dr Cook, habitant Brooklyn (New-York), et à M. Amundsen, habitant Christiania, leur seront envoyées par voie consulaire.

## OUVRAGES PRÉSENTÉS.

*Neuberg* (*J.*). Barycentre podaire et barycentre symétrique. Amsterdam, 1899; extr. in-8° (12 p.).

*Schuyten* (*C.*). Beginselen der scheikunde. Anvers, 1899; in-8° (108 p.).

*Ministère de l'Agriculture.* Rapports des Commissions médicales provinciales, 1898.

WASHINGTON. *Surgeon-general's Office.* Index-catalogue of the library, second series, vol. IV. 1899; in-4°.

— *Coast and geodetic Survey.* Report, 1897; in-4°.

— *U. S. geological Survey.* Monographs, vol. XXIX, XXXI, XXXV. 1898; 3 vol. in-4° et atlas.

LA PLATA. *Museo.* Revista, tomo IX, 1899.

WIMEREUX. *Station zoologique.* Miscellanées biologiques dédiées au professeur Alfred Giard, à l'occasion du XXVe anniversaire de la fondation de la station zoologique de Wimereux, 1874-1899. Paris, 1899; vol. in-4°.

MILAN. *R. Osservatorio astronomico.* Osservazioni meteorologiche eseguite nell' anno 1898; in-4°.

MODÈNE. *Accademia di scienze, lettere ed arti*, série III, vol. I, 1898; in-4°.

—

*Flora Batava.* Afbeelding en beschrijving van nederlandsche gewassen (Jan Kops, Van Eeden en L. Veryck), 325e en 326e afleveringen. Harlem, 1899; in-4°.

---

L'Académie a reçu en outre, pendant l'année 1899, les recueils ainsi que les publications des établissements et des sociétés savantes dont les noms suivent :

Anvers. *Société royale de géographie. — Société de médecine. — Société médico-chirurgicale. — Société de pharmacie.*

Bruxelles. *Académie royale de médecine. — Annales de médecine vétérinaire. — Annales des travaux publics. — Association belge de photographie. — Association belge des chimistes. — Ciel et Terre. — Ministères des Affaires étrangères, de l'Agriculture, de l'Intérieur, du Travail. — Moniteur belge. — Moniteur industriel belge. — Observatoire royal. — Presse médicale belge. — Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, d'astronomie, royale de botanique, d'électriciens, entomologique, royale belge de géographie, de géologie et d'hydrologie, royale malacologique, royale de médecine publique, de microscopie, royale de pharmacie, des sciences médicales et naturelles, scientifique.*

Charleroi. *Société paléontologique et archéologique.*

Gand. *Société de médecine.*

Gembloux. *Institut agricole.*

Huy. *Cercle des sciences et des beaux-arts. — Cercle des Naturalistes.*

Liége. *Écho vétérinaire. — Société géologique de Belgique. — Société médico-chirurgicale.*

Berlin. *Kön. Akademie der Wissenschaften. — Deutsche chemische Gesellschaft. — Geologische Gesellschaft. — Gesellschaft für Erdkunde. — Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. — Physikalische Gesellschaft. — Meteorologisches Institut.*

Bonn. *Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens.*

Brême. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Budapest. *Institut royal de géologie. — Académie des sciences.*

Cracovie. *Académie des sciences.*

Francfort-sur-Main. *Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft.*

Francfort-sur-Oder. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Gotha. *Geographische Anstalt.*

Göttingen. *Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.*

Halle. *Naturwiss. Verein für Sachsen und Thüringen.*

Iéna. *Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.*

Leipzig. *Archiv der Mathematik und Physik. — Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Zoologischer Anzeiger.*

Munich. *Kön. Akademie der Wissenschaften.*

Prague. *Académie tchèque des sciences. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Le Journal scientifique « Krok ». — Société mathématique.*

Strasbourg. *Société des sciences, agriculture et arts.*

Vienne. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. — Anthropologische Gesellschaft. — Zoolog.-botanische Gesellschaft. — Kais. geologische Reichsanstalt. — Monatshefte für Mathematik und Physik. — Kais. naturhistorisches Hofmuseum. — Zool. botanische Gesellschaft.*

Wurzbourg. *Physikal.-medizinische Gesellschaft.*

*Universités de* Carlsruhe, Fribourg-en-Brisgau, Giessen, Heidelberg, Kiel, Marbourg, Strasbourg, Tubingue et Vienne.

Copenhague. *Institut météorologique. — Société royale des sciences.*

Baltimore. *John Hopkins University.*

Boston. *Academy of arts and sciences. — Natural History Society.*

Buenos-Ayres. *Sociedad cientifica Argentina.*

Cambridge. *Museum of compar. zoölogy. — Observatory.*

Chicago. *Field Columbian Museum. — Kenwood Observatory.*

Cordova. *Academia de ciencias.*

Granville. *Denison University.*

Halifax. *Nova-Scotian Institute.*

Ithaca. *Journal of physical chemistry.*

Lincoln. *University of Nebraska.*

Mexico. *Observatorio. — Sociedad de historia natural.*

Montévidéo. *Universidad.*

Mont-Hamilton. *Lick Observatory.*

Montréal. *Natural history Society.*

New-Haven. *Journal of sciences.*

New-York. *Geographical Society. — Academy of sciences. — Museum of natural history.*

Philadelphie. *Academy of natural sciences. — Franklin Institute. — The american Naturalist. — Philosophical Society. — Historical Society.*

Rio de Janeiro. *Sociedade de geographia.*

Rochester. *Academy of sciences.*

Saint-Louis. *Academy of sciences.*

Salem. *Essex Institute.*

San-Francisco. *California Academy of sciences.*

Santiago de Chili. *Société scientifique.*

Toronto. *Canadian Institute.*

Washington. *U. S. national Museum.* — *Smithsonian Institution.* — *U. S. Geological Survey.*

Amiens. *Société industrielle.*

Bône. *Académie d'Hippone.*

Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.*

Caen. *Société linnéenne.*

Dax. *Société de Borda.*

Le Havre. *Société d'études diverses.*

Lille. *Société géologique du Nord.*

Marseille. *Société scientifique industrielle.* — *Faculté des sciences.*

Montpellier. *Académie des sciences et des lettres.*

Nancy. *Société des sciences.*

Paris. *Académie de médecine.* — *Bulletin scientifique (Giard).* — *École normale supérieure.* — *Journal de l'agriculture.* — *Le Cosmos.* — *La Nature.* — *Le Progrès médical.* — *Ministère de l'Instruction publique.* — *Moniteur scientifique.* — *Muséum d'histoire naturelle.* — *Revue générale des sciences.* — *Revue scientifique.* — *Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, astronomique, de biologie, chimique, géologique, de géographie, mathématique, météorologique, philomatique, zoologique.*

Valenciennes. *Société d'agriculture.*

Adelaïde. *Royal Society of South Australia.*

Birmingham. *Philosophical Society.*

Brisbane. *Royal geographical Society.*

Calcutta. *Asiatic Society of Bengal.* — *Meteorological Department.* — *Geological Survey.*

Cambridge. *Philosophical Society.*

Dublin. *Dublin Society.*

Édimbourg. *Botanical Society.* — *Geological Society.* — *Physical Society.* — *Royal Society.* — *Laboratory of the R. College of physicians.*

Glascow. *Geological Society.*

Le Cap. *Philosophical Society.*

Londres. *Anthropological Institute. — Royal Astronomical Society. — Chemical Society. — Royal Geographical Society. — Geological Society. — Institution of mechanical Engineers. — Institute of civil Engineers. — Royal Institution of Great Britain. — Linnean Society. — Mathematical Society. — Meteorological Society. — Royal Microscopical Society. — Nature. — Zoological Society.*

Newcastle-upon-Tyne. *Institute of mining and mechanical Engineers.*

Sydney. *Linnean Society. — R. Society of N. S. Wales.*

Florence. *Società entomologica italiana. — Rivista scientifico-industriale.*

Milan. *Società di scienze naturali. — R. Istituto di scienze.*

Modène. *Società dei naturalisti.*

Naples. *Società Reale.*

Padoue. *Società veneto-trentina di scienze naturali.*

Palerme. *Circolo matematico.*

Parme. *Il nuovo Risorgimento.*

Pise. *Società toscana di scienze naturali. — Il nuovo cimento.*

Rome. *Academia pontificia de Nuovi Lincei. — Comitato di artigliera e genio. — Gazetta chimica. — Ministerio dei lavori pubblici. — Società per gli studi zoologiche.*

Turin. *Academia reale delle scienze.*

Venise. *R. Istituto di scienze.*

Vérone. *Accademia d'agricoltura.*

Amsterdam. *K. Akademie van wetenschappen.*

Batavia. *Genootschap van kunsten en wetenschappen. — Natuurkundige Vereeniging.*

Buitenzorg. *Jardin botanique.*

Delft. *École polytechnique.*

Harlem. *Société hollandaise des sciences*
La Haye. *Entomologische Vereeniging.*
Leyde. *Nederlandsche dierkundige Vereeniging.*

Bukarest. *Institut météorologique. — Société des sciences physiques. — Ministère de l'Instruction publique.*
Jassy. *Société scientifique et littéraire.*

Dorpat. *Université. — Naturforschende Gesellschaft.*
Kazan. *Université impériale.*
Moscou. *Société impériale des Naturalistes.*
Nowa-Alexandrya. *Annuaire géologique et minéralogique.*
Odessa. *Société des Naturalistes.*
Saint-Pétersbourg. *Académie impériale des sciences. — Institut impérial de médecine expérimentale. — Comité géologique. — Jardin impérial de botanique. — Société impériale de géographie. — Société de chimie.*

Christiania. *Société des sciences. — Université.*
Stockholm. *Nordiskt medicinsk Archiv. — Acta mathematica. — Institut royal géologique. — Société entomologique.*
Upsal. *Université.*

Genève. *Archives des sciences physiques et naturelles. — Société de géographie.*
Lausanne. *Société vaudoise des sciences naturelles.*
Zurich. *Naturforschende Gesellschaft. — Astronomische Mittheilungen* (Wolf).

Alexandrie. *Institut égyptien.*
Belgrade. *Académie royale des sciences.*
Coïmbre. *Jornal mathematicas* (Teixeira).
Le Caire. *Société khédiviale de géographie.*
Manila. *Observatorio meteorologico.*
Tokyo. *Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens. — Imperial University.*

# TABLES ALPHABÉTIQUES

## Classe des sciences.

## 1899

## TABLE DES AUTEURS.

### A

*Académie de Metz*. Adresse le programme de ses concours pour l'année 1899-1900, 534.

*Académie royale de médecine de Belgique*. Remet le programme de ses concours pour les années 1899 et 1900, 247.

*Académie royale des sciences de Berlin*. Invite l'Académie à se faire représenter à la célébration de son 200e anniversaire de fondation. M. le Secrétaire perpétuel représentera l'Académie à cette solennité, 737.

*Ameye* (*M.*). Nouvelles recherches sur la distillation de la dypnone, 227; rapport de MM. Delacre et Henry, 160.

*Anonymes* (Question du concours de 1898). Étude des correspondances que l'on peut établir en deux espaces. (Rapport de MM. Neuberg, Le Paige et De Tilly), 739, 755. — (Question du concours de 1899). Nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides. (Rapports de MM. De Heen, Van der Mensbrugghe et Spring), 755, 757, 759.

*Anspach* (*L.*). Hommage d'ouvrage, 247.

*Arctowski* (*Henryk*). Expédition antarctique belge. Rapport préliminaire sur les sondages de la « Belgica », 479; avis de MM. Spring et Lagrange, 427. — Rapport préliminaire sur les recherches océanographiques de l'Expédition antarctique belge, 642; avis de M. Renard, 637.

*Autonne* (*Léon*). Mémoire couronné sur les correspondances

que l'on peut établir entre deux espaces. Rapport de MM. Neuberg, Le Paige et De Tilly, 739, 755; proclamé lauréat, 849.

B

*Bambeke* (*Ch. Van*). Hommage d'ouvrage, 426. — Note bibliographique : voir *Gehuchten* (*A. Van*). — Rapports : voir *Cerfontaine* (*P.*); *Francotte* (*P.*); *Nelis* (*Ch.*); *Querton* (*L.*).

*Beneden* (*Éd. Van*). Hommage d'ouvrage, 535. — Rapports : voir *Cerfontaine* (*P.*); *Francotte* (*P.*); *Minne* (*A.*); *Nelis* (*Ch.*); *Querton* (*L.*); *Van den Broeck* (*Ern.*); *Willem* (*V.*).

*Bouché* (*A.*). Démonstration du postulatum d'Euclide (dépôt aux archives), 527.

*Brachet* (*Achille*). Adresse deux notes sur l'augmentation de l'intensité lumineuse de l'arc voltaïque à l'aide d'écrans fluorescents, 427, 527; rapports de M. De Heen, 496, 536.

*Brachet* (*A.*). Hommage d'ouvrage, 635.

*Brialmont* (*A.*). Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 735. — Proposition d'offrir, en séance publique de la Classe, une médaille commémorative à chacun des membres de l'Expédition antarctique belge, 706. — Rapport : voir *Moelans* (*J.*).

*Bunsen* (*Robert-G.*). Décès, 534.

C

*Cerfontaine* (*P.*). Demande à pouvoir bénéficier au cours de 1900 de la table dont le Gouvernement dispose au laboratoire de Naples, 426; lecture des rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke, 536.

*Cesàro* (*Ern.*). Hommage d'ouvrage, 147.

*Cesàro* (*Giuseppe*). Résolution graphique des cristaux (*Mémoire des membres* in-4°, t. LIV). Rapports de MM. Neuberg et de la Vallée Poussin père, 344, 345

*Clautriau* (*G.*). Lauréat du concours annuel de 1898 (remercie), 6.

*Cogniaux* (*Alfr.-C.*) Prix décennal des sciences botaniques, 526, 851.

*Congo* (État indépendant du). Hommage des Annales de son Musée, 7, 146.

*Connecticut Academy of Arts and Sciences*, *New-Haven* (*U.-S*). Centième anniversaire de fondation (félicitations), 491.

*Cremona* (*L.*). Remercie pour son diplôme d'associé, 50.

*Crépin* (*Fr.*). Réélu délégué auprès de la Commission administrative, 343. — Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 735. — Note bibliographique : voir *Paque* (*E.*).

*Cuénot* (*L.*). Lauréat du concours annuel de 1898 (remercie), 6.

D

*Daly* (*Ch.-P.*). Décès, 634.
*De Bruyne* (*C.*). Hommage d'ouvrages, 492.
*De Cort* (*Hugo*). Hommage d'ouvrages, 527.
*De Heen* (*P.*). Réponse à M. E. Villari sur l'objection faite à ma conclusion relative à la décharge produite par les gaz infra-électrisés, 293. — Les tourbillons et les projections de l'éther (reproduction des figures de Savart), 589. — Rapports : voir *Anonymes*; *Brachet* (*A.*); *Hemptinne* (*A. de*); *Lagrange* (*Eug.*); *Moelans* (*J.*); *Radzikowski* (*C.*).
*de la Barcena* (*Mariano*). Décès, 330.
*Delacre* (*M.*). Remet pour l'*Annuaire* de 1900 sa notice sur Fr. Donny, 707. — Rapport : voir *Ameye* (*M.*).
*de la Vallée Poussin* (*Ch.*). Rapports : voir *Cesàro* (*G.*); *Van den Broeck* (*Ern.*); *Vanhove* (*D.*).
*de la Vallée Poussin* (*Ch.-J.*). Remercie pour son élection de correspondant, 6.
*Delheid* (*Éd.*). Hommage d'ouvrages, 248, 527.
*Deruyts* (*Fr.*). Remercie pour son élection, 6. — Rapport : voir *Ferron* (*Eug.*).
*Dewalque* (*G.*). Phénomènes périodiques observés à Spa en juin 1899, 522. — Sur sa demande, les observations botaniques faites à Liége, en 1850, par Ch. Morren et Deville seront imprimées au *Bulletin*, 775. — Félicité pour la médaille de la Fondation Hayden qui lui a été décernée pour ses travaux de géologie, 534. — Rapport : voir *Van den Broeck* (*Ern.*).
*De Wildeman* (*Ém.*). Hommage d'ouvrages, 535.
*Dierickx* (*Fr.*). Hommage d'ouvrage, 331.
*Dollo* (*L.*). Hommage d'ouvrage, 635.
*Doudou* (*Ern.*). Soumet une note intitulée : Station néolithique de Seraing-sur-Meuse, 536; remis en possession de son manuscrit après lecture des rapports de MM. Fraipont et Malaise, 637.
*Dupont* (*Éd.*). Annonce la mort de G. Gluge (paroles prononcées), 2.
*Duyk* (*M.*). Hommage d'ouvrage, 527.

E

*Errera* (*Léo*). Approbation royale de son élection de membre titulaire, 6; remercie, 6. — Hérédité d'un caractère acquis chez un champignon pluricellulaire, d'après les expériences de M. le Dr Hunger faites à l'Institut botanique de Bruxelles, 81. — Hommage d'ouvrage, 634. — Note bibliographique : voir *Biologie* (*Station zoologique de Wimereux*). — Rapport : voir *Gillot* (*H.*).

F

*Ferron* (*Eug.*). Sur un nouveau principe de mécanique, avec réponse aux objections de MM. De Tilly et Mansion, 351 ; dépôt aux archives après lecture des rapports de MM. Fr. Deruyts, De Tilly et Mansion, 713.

*Flower* (*Sir William-H.*). Décès, 526.

*Folie* (*F.*). Étude d'un cas particulier très important du mouvement de rotation d'un corps solide, 192. — Sur un procédé de détermination de la méridienne, 351. — Vérification pratique des formules du mouvement de l'écorce terrestre, 564. — Observations des phénomènes périodiques à Grivegnée et à Tilff (Liége) en 1899 : février, 203 ; mars et avril, 356 ; mai, 446 ; juin, 521. — Rapport : voir *Longrée* (*A. de*).

*Forir* (*H.*). Hommage d'ouvrages, 147.

*Foveau de Courmelles*. Hommage d'ouvrage, 248.

*Fraipont* (*J.*). Nommé chevalier de l'Ordre de Léopold, 706. — Hommage d'ouvrage, 634. — Rapport : voir *Doudou* (*Ern.*).

*Francotte* (*Pol.*). Hommage d'ouvrage, 7. — Demande à pouvoir bénéficier de la table belge au laboratoire de Naples. Lecture des rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke, 55.

*Fredericq* (*L.*). Rapports : voir *Minne* (*A.*) ; *Plumier* (*L.*) ; *Radzikowski* (*C.*) ; *Rulot* (*H.*) ; *Schuyten* (*M.-C.*) ; *Willem* (*V.*).

*Friedel* (*Ch.*). Décès, 330 ; sa notice biographique, par L. Henry, 332.

G

*Gehuchten* (*A. Van*). Hommage d'ouvrage avec note par Ch. Van Bambeke (Anatomie du système nerveux de l'homme, 3e édition), 635.

*Gilkinet* (*Alfr.*). Rapport : voir *Gillot* (*H.*).

*Gillot* (*H.*) La raffinose considérée comme aliment hydrocarboné de l'*Aspergillus niger*, 211 ; rapports de MM. Gilkinet, Jorissen et Errera, 157, 158, 159.

*Gluge* (*G.*) Décès, 2 ; paroles prononcées par Éd. Dupont, 2.

*Gluge* (*Mme Ve G.*). Remercie pour les paroles prononcées par M. Dupont, 50.

*Goldschmidt* (*R.*). Remercie pour l'exemplaire des œuvres de J.-S. Stas, 50.

*Gravis* (*A.*). Hommage d'ouvrage, 7. — Élu correspondant, 788, 853.

*Guarini* (*Émile*). Hommage d'ouvrage, 527.

H

*Haeckel* (*Ern.*). Hommage d'ouvrage, 492, 634.

*Hanosset* (*Hubert*). Dépôt aux archives de sa note sur la pres-

sion atmosphérique, après avis de MM. Lancaster et Terby, 248, 427.

*Hemptinne* (*A. de*). Sur la luminescence des gaz, 22; rapports de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 8, 9. — Influence du magnétisme sur la luminescence des gaz, 447; rapports de MM. De Heen et Spring, 427, 428.

*Henry* (*L.*). Sur la préparation du glycol éthylénique, 9. — Sur le nitrile éthyléno-acétique

$$\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - CN, 17.$$

Sur l'alternance de volatilité dans la série des chlorures acides normaux $C_nH_{2n+1} - COCl$, 63. — Sur les dérivés du nitroéthanol $(HO)CH_2 - CH_2(NO_2)$, 162. — A propos du nitrile anisique, 582. — Notice sur Charles Friedel, associé de l'Académie, 332. — Une page de l'histoire de la chimie générale en Belgique : Stas et les lois des poids, 497, 815. — Délégué pour la formation d'une Commission internationale pour la question des « poids atomiques » à employer dans la pratique, 247. — Prix décennal de chimie et de physique expérimentales, 706, 737, 852. — Hommage d'ouvrage, 7. — Rapports : voir *Ameye* (*M.*); *Swarts* (*Fr.*); *Vandenberghe* (*Ad.*); *Vandevelde* (*A.-J.-J.*).

I

*Iéréméiew* (*P.*). Décès, 51.

*Institut royal vénitien des sciences, des lettres et des arts*. Adresse le programme de ses concours, 526.

*Institution royale de la Grande-Bretagne, à Londres*. Célébration de son centenaire (M. Van der Mensbrugghe, délégué), 426. — Nomme à l'unanimité M. Van der Mensbrugghe, membre honoraire, 490. — Conférences de lord Rayleigh et du professeur Dewar (note de M. Van der Mensbrugghe), 490.

J

*Jordan* (*M.-E.-C.*). Élu associé, 788, 853.

*Jorissen* (*A.*). Rapport : voir *Gillot* (*H.*); *Schuyten* (*M.-C.*).

*Jouveneau* (*A.*). Sur la cause de l'accélération séculaire du mouvement de la Lune (manuscrit restitué à l'auteur), 8.

K

*Karpinsky* (*A.*). Remercie pour son élection d'associé et pour son diplôme, 6, 50. — Hommage d'ouvrage, 708.

*Keelhoff* (*F.*). Prix Ch. Lemaire accordé à ses « Notes sur le travail des forces physiques », 774; proclamé, 850.

*Klinckert* (*W.*). Hommage d'ouvrage, 492.

L

*Lagasse-de Locht* (*Ch.*). Rapport sur les ouvrages soumis pour la IVe période du prix Charles Lemaire, 769.

*Lagrange* (*Ch.*). Élu directeur pour l'année 1900, 43. — Sur les mouvements continus de circulation d'un fluide par l'action de centres fixes, 161, 251. — Note sur le calcul des probabilités. Théorème de la moyenne ; théorème inverse de celui de Bernoulli, 428. — Pour la géométrie euclidienne, 506. — Dépose un billet cacheté, 527. — Rapports : voir *Arctowski* (*H.*) ; *Lengsfield* (*J.-I.*) ; *Longrée* (*A. de*).

*Lagrange* (*Eug.*). Sur les phénomènes calorifiques présentés par une barre métallique brusquement refroidie, 315 ; rapport de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 249.

*Lameere* (*Aug.*). Hommage d'ouvrage, 51.

*Lancaster* (*A.*). Hommage d'ouvrages, 7, 247. — Élu membre de la Commission spéciale des finances, 735. — Rapport : voir *Hanosset* (*H.*).

*Lankester* (*Edwin-Ray*). Remercie pour son diplôme d'associé, 50.

*Lapparent* (*A. de*). Hommage d'ouvrage, 331.

*Laurent* (*Ém.*). Hommage d'ouvrages, 7, 635.

*Lavachery* (*René*). Dépose un billet cacheté, 707.

*Lengsfield* (*J.-I.*). Note sur la gravitation. (Demande d'avis de M. le Ministre de l'Intérieur), 248 ; lecture du rapport de M. Ch. Lagrange, 351.

*Le Paige* (*C.*). Rapport : voir *Anonymes* ; *Autonne* (*L.*).

*Lie* (*Sophus*). Décès, 146.

*Lohest* (*Max.*). Hommage d'ouvrage, 248.

*Longrée* (*A. de*). Rapport de MM. Ch. Lagrange et Folie sur sa note (Les Soleils) déposée aux archives, 250.

M

*Malaise* (*C.*). Rapport : voir *Doudou* (*Ern.*).

*Mansion* (*P.*). Hommage d'ouvrage, 331. — Rapports : voir *Ferron* (*Eug.*) ; *Marchal* (*J.*).

*Marchal* (Chevalier *Edm.*). Présente les Tables générales des tomes I à XXX de la 3e série des *Bulletins* (1881 à 1895), 6. — Note bibliographique : voir *Schedling* (*de*).

*Marchal* (*J.*). Dépôt aux archives de sa Table des 9,677 nombres premiers, après lecture du rapport de M. Mansion, 713.

*Marsh* (*O.-C.*). Décès, 246.

*Masius* (*J.-B.-V.*). Rapports : voir *Plumier* (*L.*) ; *Radzikowski* (*C.*) ; *Rulot* (*H.*) ; *Schuyten* (*M.-C*).

*Maupas* (*E.*). Élu associé, 788, 853.

*Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics*. Envois d'ouvrages, 6, 634.
*Ministère de l'Industrie et du Travail*. Envoi d'ouvrage, 146.
*Ministère de l'Intérieur et de l'Instruction publique*. Envois d'ouvrages, 6, 50, 247, 330, 491.
*Minne* (*A.*) et *Willem* (*V.*). Recherches physiologiques sur l'excrétion chez quelques Annélides (*Mémoires des savants étrangers*, in-4°, t. LVIII). Rapport de MM. F. Plateau, Éd. Van Beneden et L. Fredericq, 149, 153.
*Moelans* (*Jos.*). Dépôt aux archives de sa Description d'un ballon-parachute, après lecture du rapport de MM. Brialmont et De Heen, 248, 351.
*Moissan* (*H.*). Élu associé, 788, 853.
*Mourlon* (*M.*). Hommage d'ouvrages, 331, 527. — Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 735.
*Murray* (*John*). Élu associé, 788, 853.
*Musée du Congo*. Hommage de ses *Annales*, 7, 146.

N

*Nelis* (*Ch.*). Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme) 102. — L'apparition du centrosome dans les cellules nerveuses au cours de l'infection rabique, 715; rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke sur ces deux communications, 55, 61, 713, 714.
*Neuberg* (*J.*). Hommage d'ouvrages, 331, 708. — Rapports : voir *Anonymes*; *Autonne* (*L.*); *Cesàro* (*G.*).

O

*Observatoire météorologique central de Mexico*. Annonce la mort de son directeur, M. Mariano de la Barcena, 330.
*Observatoire physique central Nicolas*. Cinquantième anniversaire, 246; remerciements pour les félicitations de l'Académie, 426.

P

*Paque* (*E.*). Hommage d'ouvrage avec note bibliographique de M. F. Crépin (3e édition du Cours de botanique de feu A. Bellynck), 147, 148.
*Pee* (*P. Van*). Hommage d'ouvrage, 331.
*Pernter*. — Voir *Spring* (*W.*).
*Pelseneer* (*P.*). Élu correspondant, 788, 853.
*Petermann* (*A.*). Hommage d'ouvrage, 635.
*Petersen* (*Johannes*). Hommage d'ouvrage, 535.
*Plateau* (*F.*). Rapports : voir *Minne* (*A.*) et *Willem* (*V.*).
*Plumier* (*Léon*). Changements de composition d'une masse ga-

zeuse injectée dans le tissu cellulaire sous-cutané, 384; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 348, 349.

Q

*Querton* (*L.*). Demande à pouvoir bénéficier de la table belge au laboratoire de Naples. Lecture des rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke, 55.

R

*Radzikowski* (*C.*). Contribution à l'étude de l'électricité médicale. (*Mémoires* in-8°, t. LIX). Rapport de MM. L. Fredericq, Masius et De Heen, 155, 157.

*Renard* (*A.-F.*) Approbation royale de son élection de membre titulaire, 6; remercie, 6 — Délégué au cinquantenaire du professorat de sir G.-G. Stokes, Bart., 330, 426. — Hommage d'ouvrage. 535. — Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques. Universalité des phénomènes du métamorphisme mécanique, 537. — Rapports : voir *Arctowski* (*H.*); *Vanhove* (*D.*).

*Renault* (*B.*). Hommage d'ouvrages, 51.

*Reychler* (*A.*). Hommage d'ouvrage, 331.

*Rulot* (*H.*). Sur certaines oscillations périodiques de la pression artérielle, 411; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 350, 351.

*Rykatchew* (*M.*). Annonce la célébration du cinquantième anniversaire de l'Observatoire physique central Nicolas, 246; remercie pour les félicitations de l'Académie, 426.

S

*Schedling* (*S. de*). Hommage d'ouvrage avec note par M. Marchal (Centenaire de l'invention de la pile électrique), 492.

*Schuyten* (*M.-C.*). Sur les benzopyrines métalliques, 126. — Sur la constitution des salipyrines métalliques, 135. — Sur le chlorure double de cuivricum et d'antipyrine, 140. — Sur un nouveau type cupri-chrome-ammonique, 649. — Contribution à nos connaissances du chimisme stomacal, 776; rapports sur ces cinq notes par MM. Jorissen et Spring, 61, 62, 637, 638, 775, 776. — Note sur l'accroissement de la force musculaire des élèves pendant l'année scolaire, 535; remis en possession de son manuscrit après lecture du rapport de MM. Fredericq et Masius, 713. — Hommage d'ouvrage, 708.

*Selys Longchamps* (baron *Edm. de*). Remet pour l'*Annuaire* de 1900 sa notice sur Ern. Candèze, 707.

*Servais* (*Cl.*). Hommage d'ouvrage, 7.

*Slosse* (*Aug.*). Dépose un pli cacheté, 246.

*Société allemande de chimie à Berlin.* A sa demande, MM. Henry et Spring sont délégués pour la formation d'une Commission pour la question des « poids atomiques » à employer dans la pratique, 247.

*Société belge d'astronomie.* Hommage de son *Annuaire* pour 1899, 7.

*Société centrale d'agriculture, sciences et arts du département du Nord, à Douai.* Centième anniversaire de sa fondation (félicitations), 491.

*Société française de physique.* A provoqué, pour 1900, un Congrès international de physique, 526

*Société impériale de minéralogie, à Saint-Pétersbourg.* Annonce la mort de son directeur, M. P. Iéréméïew, 51.

*Somzée* (*Léon* et *Cosme de*). Hommage d'ouvrage, 535.

*Spring* (*W.*). Nommé Président de l'Académie pour 1899, 6. — Sur l'unité d'origine du bleu de l'eau, 72. — Sur la réalisation d'un liquide optiquement vide, 174. — Sur la diffusion de la lumière par les solutions, 300. — Remarques sur une note récente de M. Pernter concernant la couleur bleue du ciel, 441. — La plasticité des corps solides et ses rapports avec la formation des roches, 790. — Allocution aux membres de l'Expédition antarctique belge et remise d'une médaille à chacun d'eux, 853. — Délégué pour la formation d'une Commission pour la question des « poids atomiques » à employer dans la pratique, 247. — Rapports : voir *Anonymes; Arctowski* (*H.*); *Hemptinne* (*A. de*); *Schuyten* (*M.-C.*); *Swarts* (*Fr.*); *Vandenberghe* (*Ad.*); *Vandevelde* (*A.-J.-J.*).

*Station zoologique de Wimereux.* Hommage d'ouvrage avec note bibliographique par M. L. Errera (Miscellanées biologiques dédiées au professeur Alfr. Giard, à l'occasion du XXVe anniversaire de la fondation de la station zoologique de Wimereux), 708.

*Stöber* (*F.*). Hommage d'ouvrage, 535.

*Stokes* (*Sir G.-G.*). Célébration du cinquantenaire de son professorat à l'Université de Cambridge (félicitations), 50. — MM. Alph. Renard et G. Van der Mensbrugghe délégués, 330, 426. — Élu associé, 788, 852.

*Stuyvaert* (*M.*). Sur la polarité dans des courbes gauches du quatrième ordre (première espèce) et du troisième ordre, 708.

*Swaen* (*A.*). Hommage d'ouvrages, 635.

*Swarts* (*Fréd.*). Sur quelques dérivés fluobromés en $C_2$ (troisième

communication), 357; rapport de MM. Spring et Henry, 347, 348.

T

*Terby* (*Fr.*). Rapport : voir *Hanosset* (*H.*).

*Tilly* (*J. De*). Promu grand officier de l'Ordre de Léopold (félicitations), 706. — Réélu membre de la Commission spéciale des finances, 735. — Rapports : voir *Anonymes*; *Autonne* (*L.*); *Ferron* (*Eug.*).

U

*Université de Cambridge* (Angleterre). Annonce la célébration du cinquantenaire du professorat de sir G.-G. Stokes (félicitations), 50; MM. A. Renard et G. Van der Mensbrugghe, délégués, 330, 426.

V

*Van de Casteele* (*Arthur*). Reçoit, en séance publique, un exemplaire des « Œuvres de Jean-Servais Stas », 851.

*Vandenberghe* (*Ad.*). Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous, 657; rapport de MM. Spring et Henry, 639.

*Van den Bossche* (*Léon*). Hommage d'ouvrage, 535.

*Van den Broeck* (*Ern.*). Hommage d'ouvrages, 146, 147, 634. — Adresse une réclamation de priorité au sujet de l'exposé des rapports existant entre le phénomène de l'émigration et la filiation des espèces, 148; dépôt aux archives après lecture des rapports de MM. Dewalque, Ch. de la Vallée Poussin et Van Beneden, 250, 251.

*Van der Mensbrugghe* (*G.*). Délégué aux fêtes du cinquantenaire à Cambridge de Sir G.-G. Stokes et au centenaire de l'Institution royale de Londres, 426. Nommé membre honoraire de cette Institution (félicitations), 490. — Entretient la Classe des conférences faites au centenaire précité par lord Rayleigh et le professeur Dewar, 490. — Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides (quatrième communication), 497. — Sur les conditions générales de l'équilibre dans les vases communiquants, 558. — Rapports : voir *Anonymes*; *Hemptinne* (*A. de*), et *Lagrange* (*Eug.*).

*Van der Stricht* (*O.*). Hommage d'ouvrages, 492.

*Vandevelde* (*A.-J.-J.*). Recherches sur l'acide phénoxacétique. Quatrième communication : Bromuration de l'acide phénoxycinnamique, 204. — Contribution à l'étude des acides bibasiques substitués. Transformation d'un chlorure acide en anhydride sous l'influence

des halogènes, 680; rapports de MM. Spring et Henry sur ces deux communications, 154, 640, 641.

*Vandevyver* (*L.-N.*). Dépose un cacheté, 246.

*Vanhove* (*D.*). Description cristallographique du quartz de Quenast (*Mémoires*). Rapports de MM. Renard et de la Vallée Poussin père, 494, 495. — Hommage d'ouvrage, 535.

*Vanlair* (*C.*). Accepte d'écrire pour l'*Annuaire* la notice de G. Gluge, 50; remet le manuscrit de cette notice, 491. — Élu membre titulaire, 788, 853. — Hommage d'ouvrage, 535.

*Ver Eecke* (*A.*). Hommage d'ouvrage, 527.

*Villari* (*E.*). Voir *De Heen* (*P.*).

*Viniegra* (*J.*). Offre ses services aux astronomes qui iront observer en Espagne l'éclipse de soleil du 27 mai 1900, 534.

W

*Willem* (*V.*). Recherches physiologiques sur l'excrétion chez quelques Annélides. En collaboration avec A. Minne (*Mémoires des savants étrangers* in-4°, t. LVIII). Rapports de MM. F. Plateau, Éd. Van Beneden et L. Fredericq, 149, 153. — Mémoire couronné sur les insectes du groupe des Apterygota. Rapports de MM. Plateau, Van Beneden et Van Bambeke, 760, 768, 769; proclamé lauréat, 850.

# TABLE DES MATIÈRES.

## A

*Acide.* Recherches sur l'acide phénoxacétique. Quatrième communication : Bromuration de l'acide phénoxycinnamique; par A.-J.-J. Vandevelde, **204**. — Contribution à l'étude des acides bibasiques substitués. Transformation d'un chlorure acide en anhydride sous l'influence des halogènes; par A.-J.-J. Vandevelde, 680. Rapports de MM. Spring et Henry sur ces deux communications, **154**, **640**, **641**.

*Action* des centres fixes. Voir *Mouvements*.

*Aérostation.* Voir *Ballon*.

*Anatomie.* Voir *Neurologie*.

*Anhydride.* Voir *Acides*.

*Annélides.* Voir *Excrétion*.

*Anniversaire.* Voir *Jubilés*.

*Annuaire* de l'Académie (Notices biographiques). Voir *Biographie*.

*Anthropologie.* Voir *Ethnologie*; *Station néolithique*.

*Antipyrine.* Voir *Cuivricum*.

*Aspergillus niger.* Voir *Raffinose*.

*Astronomie.* Voir *Ellipse*; *Gravitation*; *Lune*; *Méridienne*; *Météorites*; *Mouvements*; *Soleils*.

*Atmosphère.* Sur la pression atmosphérique; par H. Hanosset (Dépôt aux archives après lecture du rapport de MM. Lancaster et Terby), **427**.

## B

*Ballon-parachute* (Description d'un), inventé par Jos. Moelans. (Dépôt aux archives après lecture du rapport de MM. Brialmont et De Heen), **248**, **351**.

*Bathymétrie.* Voir *Océanographie*.

*Benzopyrines* métalliques (Sur les); par M.-C. Schuyten, **126**; rapport de MM. Jorissen et Spring, 61, 62.

*Bibliographie.* Présentation par M. Marchal des Tables générales des tomes I à XXX de la troisième série des *Bulletins* de l'Académie, 1881-1895, 6. — Voir *Ouvrages présentés*.

*Billets cachetés* déposés par MM. Ch. Lagrange, **527**; Lavachery (René), 707; Slosse, **246**; Vandevyver, **246**.

*Biographie.* Paroles prononcées

par M. Dupont en annonçant la mort de G. Gluge, 2. — Notice sur Ch. Friedel, associé; par Louis Henry, 332. — Notices biographiques pour l'*Annuaire* : G. Gluge, par C. Vanlair, 50, 451; Ern. Candèze, par le baron de Selys Longchamps, 707; F. Donny, par M. Delacre, 707; Gh.-A. Fraiken, par le chev. Marchal, 582.

*Biologie*. Requêtes par lesquelles MM. P. Francotte et L. Querton demandent à pouvoir bénéficier de la table belge à la station zoologique de Naples. Lecture des rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke), 55. — Même requête adressée par M. P. Cerfontaine pour l'année 1900, 426. (Lecture des rapports de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke), 536. — Miscellanées biologiques dédiées au professeur Alfr. Giard à l'occasion du XXVe anniversaire de la fondation de la Station zoologique de Wimereux. Note bibliographique par L. Errera, 708. Voir *Centrosome; Hérédité; Protoplasma; Physiologie; Raffinose.*

*Bleu*. Voir *Eau; Ciel.*

*Botanique*. Cours de botanique de A. Bellynck, 3e édition; par E. Paque. (Note bibliographique par Fr. Crépin), 148. — Voir *Concours décennal; Hérédité; Raffinose.*

*Bulletins de l'Académie*. Voir *Bibliographie.*

C

*Calcul*. Voir *Probabilités.*

*Calorique*. Sur les phénomèmes calorifiques présentés par une barre métallique brusquement refroidie; par Eug. Lagrange, 315; rapport de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 249.

*Cellules nerveuses*. Voir *Centrosome; Protoplasma.*

*Centrosome* (L'apparition du) dans les cellules nerveuses au cours de l'infection rabique; par Ch. Nelis, 715; rapport de MM. Van Beneden et Van Bambeke, 713, 714.

*Chimie*. Sur un nouveau type cuprichrome-ammonique; par M.-C. Schuyten, 649; rapport de MM. Jorissen et Spring, 637, 638. — Une page de l'histoire générale de la chimie en Belgique : Stas et les lois des poids; par L. Henry, 815. — Voir *Acide; Antipyrine; Benzopyrines; Commission internationale pour la question des « poids atomiques » à employer dans la pratique; Cuivricum; Dérivés; Dissociation; Dypnone; Eau; Glycol; Lumière; Luminescence; Nitrile; Raffinose; Salipyrines; Volatilité.*

*Chimisme stomacal* (Contribution à nos connaissances du); par M.-C. Schuyten, 776; rapports de MM. Jorissen et Spring, 637, 775, 776,

*Ciel*. Remarques sur une note récente de M. Pernter concer

nant la couleur bleue du ciel; par W. Spring, 441.

*Circulation* d'un fluide. Voir *Mouvements*.

*Commission internationale pour la question des « poids atomiques » à employer dans la pratique*. MM. Henry et Spring, délégués, 247.

*Commission administrative*. MM. Crépin réélu délégué de la Classe des sciences, 343.

*Commission spéciale des finances*. Élection, 735.

*Concours*. Programmes reçus : Académie royale de médecine de Belgique (1899 et 1900), 247. — Institut royal vénitien des sciences, des lettres et des arts, 526. — Académie de Metz, 534.

*Concours annuel de la Classe des sciences* (**1898**). Remerciements de MM. G. Clautriau et L. Cuénot, lauréats, 6. — Mémoires sur les correspondances que l'on peut établir entre deux espaces; M. L. Autonne, lauréat. Rapport de MM. Neuberg, Le Paige et De Tilly, 739, 755.— (**1899**). Mémoires reçus et désignation des commissaires, 528; lectures des rapports, 636. — Mémoire non couronné sur la conductibilité calorifique des liquides. (Rapports de MM De Heen, Van der Mensbrugghe et Spring), 755, 757, 759. — Mémoire couronné sur les insectes du groupe des Apterygota; par V. Willem. (Rapports de MM. Plateau, Van Beneden et Van Bambeke), 760, 768, 769. Proclamation des résultats, 848. (**1900**). Programme, 52. — (**1901**). Question posée, 54.

*Congrès international des mathématiciens*. Se tiendra à Paris, du 6 au 12 août 1900, 7.

*Congrès international de toutes les personnes qui s'intéressent aux progrès de la physique*. S'ouvrira à Paris, le 9 août 1900, 526.

*Congrès international des sciences ethnographiques*. Réunion à Paris, du 26 août au 1er septembre 1900, 737.

*Cristallographie*. Résolution graphique des cristaux; par G. Cesàro (*Mémoires* in-4° des Membres, t. LIV). Rapports de MM. Neuberg et de la Vallée Poussin père, 344, 345. — Description cristallographique du quartz de Quenast; par D. Vanhove (*Mémoires*). Rapports de MM. Renard et de la Vallée Poussin père, 494, 495.

*Cuivricum* (Sur le chlorure double de) et d'antipyrine; par M. C. Schuyten, 140; rapports de MM. Jorissen et Spring, 61, 62.

*Cystologie*. Voir *Centrosome*; *Protoplasme*.

## D

*Dérivés*. Sur les dérivés du nitroéthanol (HO) $CH_2$ - $CH_2$ ($NO_2$); par L. Henry, 162. — Sur quel-

ques dérivés fluobromés en $C_2$ (troisième communication); par F. Swarts, 387; rapport de MM. Spring et Henry, 347, 348.

*Diffusion* (Sur la) de la lumière; par W. Spring, 300.

*Dissociation*. Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous; par Ad. Vandenberghe, 657; rapport de MM. Spring et Henry, 639, 641.

*Distillation*. Voir *Dypnone*.

*Dons*. Ouvrages imprimés : Anspach (L.), 247; Bambeke (Ch. Van), 426; Beneden (Éd. Van), 535; Brachet (A.), 635; Cesàro (Ern.), 147; De Bruyne (C.), 492; De Cort (H.), 527; Delheid (Ed.), 248, 527; De Wildeman (Ém.), 535; Dierickx (F.), 331; Dollo (L.), 635; Duyk (M.), 527; Errera (L.), 634; Forir (H.), 147; Foveau de Courmelles, 248; Fraipont (J.), 634; Francotte (P.), 7; Gehuchten (A. Van), 635; Gravis (A.), 7; Guarini (E.), 527; Haeckel (Ern.), 492, 634; Henry (L.), 7; Karpinsky (A), 708; Klinckert (W.), 492; Lameere (Aug.), 51; Lancaster (A.), 7, 247; Lapparent (A. de), 331; Laurent (Ém.), 7, 635; Lohest (Max.), 248; Mansion (P.), 331; Ministre de l'Agriculture et des Travaux publics, 6, 634; Ministre de l'Industrie et du Travail, 146; Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, 6, 50, 247, 330, 491; Mourlon (M.), 331, 527; Musée du Congo, 7, 146; Neuberg (J.), 331, 708; Paque (E.), 147; Pée (P. Van), 331; Petermann (A.), 635; Petersen (J.), 535; Renard (A.), 535; Renault (B.), 51; Reychler (A.), 331; Schedling (de), 492; Schuyten (M.-C.), 708; Servais (Cl.), 7; Société belge d'astronomie, 7; Somzée (L. et C. de), 535; Station de zoologie de Wimereux, 708; Stöber (F.), 535; Swaen (A.), 635; Van den Bossche (L.), 535; Van den Broeck (Ern.), 146, 147, 634; Van der Stricht (O.), 492; Vanhove (D.), 535; Vanlair (C.), 535; Ver Eecke (A.), 527.

*Dypnone*. Nouvelles recherches sur la distillation de la dypnone; par M. Ameye, 227; rapport de MM. Delacre et L. Henry, 160, 161.

E

*Eau*. Sur l'unité d'origine du bleu de l'eau; par W. Spring, 72.

*Éclipse* totale de soleil du 27 mai 1900. Avantages offerts aux astronomes qui se proposent de venir observer en Espagne, 534.

*Écorce terrestre*. Voir *Mouvements*.

*Élasticité*. Voir *Liquides*.

*Élections*, *Nominations*, *Distinctions*. CLASSE DES SCIENCES. M. Spring nommé Président de l'Académie pour 1899, 6. —

M. Ch. Lagrange élu directeur pour l'année 1900, 43. — Approbation royale de l'élection de MM. Renard et L. Errera en qualité de membres titulaires, 6; remerciements pour les élections et pour les diplômes, 6, 50. — M. Van der Mensbrugghe élu membre honoraire de l'Institution royale de Londres, 490. — Médaille de la fondation Hayden décernée à M. Dewalque, 534. — MM. Vanlair élu membre titulaire; P. Pelseneer et A. Gravis élus correspondants; sir G.-G. Stokes, H. Moissan, C. Jordan, John Murray et E. Maupas élus associés, 788, 852. — Voir *Ordre de Léopold*.

*Électricité*. Contribution à l'étude de l'électricité médicale; par C. Radzikowski. (*Mémoires* in-8°, t. LIX). Rapport de MM. L. Fredericq, Masius et De Heen, 155, 157. — Réponse à M. E. Villari sur l'objection faite à ma conclusion relative à la décharge produite par les gaz infra-électrisés; par P. De Heen, 293. — M. Brachet adresse deux notes sur les moyens d'augmenter l'intensité lumineuse de l'arc voltaïque à l'aide d'écrans fluorescents, 427, 527; rapports de M. De Heen, 496, 536. — Voir *Éther*; *Jubilé* (centenaire de la pile de Volta).

*Éther* (Tourbillons et projections de l'). Reproduction des figures de Savart; par P. De Heen, 589.

*Évolution* Réclamation de priorité au sujet de l'exposé des rapports existant entre le phénomène de l'émigration et la filiation des espèces; par Ern. Van den Broeck. Dépôt de cette note aux archives ainsi que des rapports lus par MM. Dewalque, Ch. de la Vallée Poussin et Van Beneden, 250, 251.

*Excrétion*. Recherches physiologiques sur l'excrétion chez quelques Annélides; par V. Willem et A. Minne (*Mémoires des savants étrangers* in-4°, t. LVIII). Rapports de MM. Plateau, Van Beneden et L. Fredericq, 149, 153.

*Expédition antarctique belge*. Proposition de M. Brialmont d'offrir en séance publique une médaille à chacun des membres de l'Expédition, 706. Allocution de M. Spring aux sept membres de l'Expédition et remise à chacun d'eux de la médaille commémorative, 853. — Voir *Océanographie* (Rapports de M. H. Arctowski).

*Exposition universelle de Paris en 1900*. Voir *Congrès*, 526.

F

*Fluide* (Circulation d'un). Voir *Physique*.

*Funérailles*. Voir *Biographie*.

G

*Gaz*. Voir *Luminescence*.
*Géographie*. Voir *Expédition antarctique belge*.
*Géologie*. Voir *Évolution*.
*Géométrie*. Pour la géométrie euclidienne; par Ch. Lagrange, 506. — Démonstration du postulatum d'Euclide; par A. Bouché (dépôt aux archives), 527.
*Glycol éthylénique* (Sur la préparation du); par L. Henry, 9.
*Gravitation*. M. le Ministre soumet une note sur la gravitation par J.-I. Lengsfield, 248; lecture du rapport de M. Ch. Lagrange, 351.

H

*Halogènes*. Voir *Acide*.
*Hérédité* d'un caractère acquis chez un champignon pluricellulaire, d'après les expériences de M le Dr Hunger, faites à l'Institut botanique de Bruxelles; par L. Errera, 81.

J

*Jubilés*. Cinquantenaire du professorat de sir G. G. Stokes, Bart. (félicitations), 50; MM. Alph. Renard et G. Van der Mensbrugghe délégués, 330. 426. — Cinquantenaire de l'Observatoire physique central Nicolas, à Saint-Pétersbourg (félicitations, 246; remerciements, 426. — Centenaire de la « Royal Institution of Great Britain ». M. Van der Mensbrugghe, délégué de l'Académie, élu membre honoraire, 426, 490. Conférences de lord Rayleigh et du professeur Dewar, 490. — Centenaire de la « Connecticut Academy of Arts and Sciences », à New-Haven (félicitations), 491. — Centenaire de la Société centrale d'agriculture, sciences et arts du département du Nord, à Douai (félicitations), 491. — Centenaire de l'invention de la pile électrique (ouvrage de M. de Schedling, présenté avec des remarques, par M. Marchal), 492. — Académie royale des sciences de Berlin (200e anniversaire de fondation). M. Marchal, Secrétaire perpétuel, représentera l'Académie à cette solennité, 737.

L

*Laboratoires* de Naples et de Wimereux. Voir *Biologie*.
*Liquides*. Sur la réalisation d'un liquide optiquement vide; par W. Spring, 174. — Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides (quatrième communication); par G. Van der Mensbrugghe, 497. — Sur les conditions générales de l'équilibre dans les vases communiquants; par G. Van der Mensbrugghe, 558.
*Lithologie*. Voir *Plasticité*.

*Lumière*. Sur la diffusion de la lumière par les solutions; par W. Spring, 300. — Voir *Électricité*.

*Luminescence* des gaz (Sur la); par A. de Hemptinne, 22; rapport de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 8, 9. — Influence du magnétisme sur la luminescence des gaz; par le même, 447; rapports de MM. De Heen et Spring, 427, 428.

*Lune*. Sur la cause de l'accélération séculaire du mouvement de la Lune; par A. Jouveneau. (Restitution du manuscrit à l'auteur), 8.

M

*Magnétisme*. Voir *Luminescence*.

*Mathématiques*. Voir *Concours de la Classe des sciences* (1898); *Cristallographie; Géométrie; Mécanique; Mouvements; Physique; Polarité; Probabilités*.

*Mécanique*. Sur un nouveau principe de mécanique; par Eug. Ferron, avec réponse de l'auteur aux objections de MM. De Tilly et Mansion, 351; dépôt aux archives après lecture des rapports de MM. Fr. Deruyts, De Tilly et Mansion, 713. — Voir *Mouvements*.

*Mécanique céleste*. Voir *Mouvements*.

*Médaille* de la Fondation Hayden décernée à M. Dewalque, 534.

*Méridienne*. Sur un procédé de détermination de la méridienne; par F. Folie, 351.

*Métamorphisme mécanique*. Voir *Météorites*.

*Météorites*. Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques. Universalité des phénomènes du métamorphisme mécanique; par A.-F. Renard, 537.

*Météorologie*. Voir *Atmosphère; Météorites; Physique du globe*.

*Minéralogie*. Voir *Météorites*.

*Mouvements*. Étude d'un cas particulier très important du mouvement de rotation d'un corps solide; par F. Folie, 192. — Vérification pratique des formules du mouvement de l'écorce terrestre; par F. Folie, 564. — Voir *Physique*.

*Myologie*. Note sur l'accroissement de la force musculaire des élèves pendant l'année scolaire; par M.-C. Schuyten. — L'auteur est remis en possession de son manuscrit sur l'avis de MM. Fredericq et Masius, 713.

N

*Nécrologe*. Bunsen (R.-G.), 534; Daly (Ch.), 634; Flower (sir William-H.), 526; Friedel (Charles), 330; Gluge (Gottlieb), 2; Iéréméiew (Paul), 51; Lie (Sophus), 146; Mariano de la Barcena, 330.

*Neurologie*. Anatomie du système nerveux de l'homme, (3me édition); par A. Van Gehuchten.

(Note bibliographique par Ch. Van Bambeke), 635. — Voir *Centrosome; Protoplasma.*

*Nitrile.* Sur le nitrile éthylénoacétique $\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} > CH - CN$; par L. Henry, 17. — A propos du nitrile anisique; par L. Henry, 582.

*Nitro-éthanol.* Voir *Dérivés.*

*Nombres premiers* (Table des 9677); par J. Marchal. Dépôt aux archives après lecture du rapport de P. Mansion, 713.

O

*Océanographie.* Rapport préliminaire sur les sondages de la « Belgica »; par H. Arctowski, 479; avis de MM. Spring et Lagrange, 427. — Rapport préliminaire sur les recherches océanographiques de l'Expédition antarctique belge; par H. Arctowski, 642; avis de M. Renard, 637.

*Ordre de Léopold.* M. J. De Tilly promu grand officier et M. J. Fraipont nommé chevalier (félicitations), 706.

*Ouvrages présentés* : janvier, 44; février, 142; mars, 241; avril, 325; mai, 422; juin, 484; juillet, 522; août, 529; octobre, 627; novembre, 701; décembre, 856.

P

*Phénomènes périodiques* observés en 1899 à Tilff et à Grivegnée; par F. Folie, 203, 356, 446, 521. — Phénomènes périodiques observés à Spa, en juin 1899; par G. Dewalque, 522. — Les observations faites à Liége en 1850 par MM. Ch. Morren et Deville seront insérées au *Bulletin,* à la demande de M. Dewalque, 775.

*Physiologie.* Sur certaines oscillations périodiques de la pression artérielle; par H. Rulot, 441; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 350, 351. — Changements de composition d'une masse gazeuse artérielle dans le tissu cellulaire sous-cutané; par Léon Plumier, 384; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 348, 349. — Voir *Biologie; Excrétion; Myologie.*

*Physique.* Sur les mouvements continus de circulation d'un fluide par l'action de centres fixes; par Ch. Lagrange, 161, 251. — Voir *Calorique; Congrès; Eau; Jubilés; Liquides; Société française de physique.*

*Physique du globe.* Voir *Atmosphère; Phénomènes périodiques.*

*Poids atomiques.* Voir *Chimie* et *Commission internationale pour la question des « poids ato-*

*miques » à employer dans la pratique.*

*Polarité* (Sur la) dans les courbes gauches du 4e ordre (1re espèce) et du 3e ordre; par M. Stuyvaert. 708.

*Plasticité* (La) des corps solides et ses rapports avec la formation des roches; par W. Spring, 790.

*Pression.* Voir *Atmosphère; Physiologie.*

*Prix Charles Lemaire* (IVe période). Ouvrages reçus et désignation des commissaires, 493. — Rapport du jury, 769. — Lauréat (F. Keelhoff), 774; proclamé, 850.

*Prix fondé en mémoire de J.-S. Stas.* Il est offert, en séance publique, un exemplaire des « Œuvres de J.-S. Stas » à M. Arthur Van de Casteele, de Chênée (Liége), 851. — Remerciements de M. Goldschmidt (R.) pour le même ouvrage qui lui a été offert en 1898, 50.

*Prix quinquennaux et décennaux.* Arrêté royal réduisant à cinq le nombre des membres des jurys, 246.

*Prix décennal des sciences botaniques* décerné à M. Alfr. Cogniaux, 526, 851.

*Prix décennal des sciences philosophiques* (deuxième période, 1888-1897) attribué à l'œuvre de feu J. Delbœuf, 246.

*Prix décennal de chimie et de physique expérimentales* attribué à l'œuvre de M. L. Henry, 706, 737, 852.

*Probabilités* (Note sur le calcul des). Théorème de la moyenne; théorème inverse de celui de Bernoulli; par Ch. Lagrange, 428.

*Protoplasme.* Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme); par Ch. Nelis, 102; rapport de MM. Éd. Van Beneden et Van Bambeke, 55, 61.

## Q

*Quartz* de Quenast. Voir *Cristallographie.*

## R

*Raffinose* (La) considérée comme aliment hydrocarboné de l'*Aspergillus niger;* par H. Gillot, 211; rapports de MM. Alfr. Gilkinet, Jorissen et L. Errera, 157, 158, 159.

*Rotation.* Voir *Mouvements.*

## S

*Salipyrines* (Sur la constitution des), par M.-C. Schuyten, 135; rapport de MM. Jorissen et Spring, 61, 62.

*Soleils* (Des); par le chevalier A. de Longrée (dépôt aux archives après lecture du rapport de MM. Lagrange et Folie), 250. — Voir *Éclipse.*

*Stas* (*J.-S.*) et les lois des poids. — Voir *Chimie*.
*Station néolithique* de Seraing-sur-Meuse, par Ém. Doudou (Restitution du manuscrit à l'auteur après lecture du rapport de MM. Fraipont et Malaise), 637.
*Stations zoologiques de Naples et de Wimereux*. Voir *Biologie*.

V

*Volatilité* (Sur l'alternance de) dans la série des chlorures acides normaux $C_nH_{2n+1}$—COCl; par L. Henry, 63.

Z

*Zoologie*. Voir *Biologie*.

---

# TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES.

ARCTOWSKI (H.). Rapport préliminaire sur les recherches océanographiques de l'Expédition antarctique belge (2 planches), 648.
DE HEEN (P.). Réponse à M. E. Villari sur l'objection faite à ma conclusion relative à la décharge produite par les gaz infra-électrisés (3 figures), 294, 295, 296. — Les tourbillons et les projections de l'éther. Reproduction des figures de Savart (31 figures et 1 planche), 591-627.
FOLIE (F.). Étude d'un cas particulier très important du mouvement de rotation d'un corps solide (1 figure), 194. — Sur un procédé de détermination de la méridienne (1 figure, 353.
GILLOT (H.). La raffinose considérée comme aliment hydrocarboné de l'*Aspergillus niger* (1 graphique), 224.
HEMPTINNE (A. DE). Sur la luminescence des gaz (3 figures), 27, 28, 39. — Influence du magnétisme sur la luminescence des gaz (4 figures), 447-461.
LAGRANGE (CH.). Sur les mouvements continus de circulation d'un fluide par l'action de centres fixes (3 figures), 257, 281, 291.
LAGRANGE (EUG.). Sur les phénomènes calorifiques présentés par une barre métallique brusquement refroidie (1 figure), 317.
NELIS (CHARLES). Nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme) (4 planches), 124. — L'apparition du

centrosome dans les cellules nerveuses au cours de l'infection rabique (1 planche), 734.

RENARD (A.-F.). Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques. Universalité des phénomènes du métamorphisme mécanique (4 photogrammes), 556.

RULOT (H.). Sur certaines oscillations périodiques de la pression sanguine (12 figures), 413-421.

SCHUYTEN (M.-C.). Sur la constitution des salipyrines métalliques (3 figures), 137, 138.

SWARTS (FRED.). Sur quelques dérivés fluobromés en $C_2$. Troisième communication (2 figures), 361, 363.

VANDENBERGHE (AD.). Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous. Première communication (11 figures), 663-679.

VAN DER MENSBRUGGHE (G.). Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides. Quatrième communication (4 figures), 498, 502, 504, 505. — Sur les conditions générales de l'équilibre dans les vases communiquants (1 figure), p. 561.

---

## ERRATUM.

Page 441. — Remarques sur une note récente de M. Pernter concernant la couleur bleue du ciel. — Note (1) : *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXV, *lisez* : t. XXXVI.

JUN 2 1995

MAY 1 6 1940

APR 18 '61H

3 2044 091 131 375